

**REDISEÑO DE LA MÁQUINA PRENSADORA MAZZONI N2 UBICADA EN LA
PLANTA DE JABON TERMINADO EN COLGATE PALMOLIVE PARA
DISMINUIR LOS NIVELES DE PRESION SONORA EN EL AREA**

JOSÉ MANUEL DELGADO TASCÓN

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

**REDISEÑO DE LA MÁQUINA PRENSADORA MAZZONI N2 UBICADA EN LA
PLANTA DE JABON TERMINADO EN COLGATE PALMOLIVE PARA
DISMINUIR LOS NIVELES DE PRESION SONORA EN EL AREA**

JOSÉ MANUEL DELGADO TASCÓN

**Pasantía Institucional para optar por el título de
Ingeniero Mecatrónico**

**Director:
ANDRÉS FELIPE NAVAS
Ingeniero Mecatrónico**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA INGENIERÍA MECATRÓNICA
SANTIAGO DE CALI
2013**

Nota de aceptación:

**Aprobado por el Comité de Grado
en cumplimiento de los requisitos
exigidos por la Universidad
Autónoma de Occidente para
optar al título de Ingeniero
Mecatrónico.**

JUAN CAMILO ACOSTA
Jurado

JESÚS ALFONSO LOPEZ
Jurado

Santiago de Cali, 26 de Julio de 2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar y convertirme en profesional por medio de mi familia, mi trabajo es dedicado a ellos, a mi hermano mayor Jesús David, a mi hermano Juan Gabriel, a mi hermana Julia Delgado, a mi abuelita Armida Delgado, a mi tío Karol Tascón, a mi padre Jesús Delgado y en especial a mi madre Betzaida Tascón por no perderse un solo día de mi vida alegrándola con su particular modo de ver, de ser, de hacer las cosas con tanta entrega y amor que se ha convertido en la mejor mamá que cualquiera pudiera siquiera imaginar. A todos ellos agradezco por la confianza que depositaron en mi durante estos años de estudio, por sus consejos y apoyo incondicional en todas las etapas de este valioso aprendizaje.

A la Universidad Autónoma de Occidente y a Colgate Palmolive por enseñarme la teoría y la práctica por medio de Jesús López, Andrés Navas, Fernando Mantilla, Alberto Cobo y demás profesores que ayudaron en mi proceso de formación.

A mis compañeros de estudio y de trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	11
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
3.1. OBJETIVO GENERAL	16
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
4. MARCO DE REFERENCIA	17
4.1. ANTECEDENTES	17
4.2. MARCO TEORICO	18
4.2.1. Sonido	18
4.2.2. Ruido	18
4.2.3. Efectos del ruido	18
4.2.4. Técnicas de medición	19
4.2.5. Identificación de una planta	19
4.2.6. Método de diseño concurrente para nuevos productos	19
4.2.7. Servomotores	19
4.2.8. IEC 61138 (Buses de campo)	19
4.2.9. Normatividad y Reglamentación	20
4.2.10. GATI-HNIR (Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo)	21
4.2.11. IEC-61499	21
4.2.12. Sistemas de control (Clásico, Moderno e Inteligente)	22
4.2.13. Sistemas mecánicos	22
4.2.14. Software de simulación	22
4.2.15. IEC-61131-3	22
4.2.16. RETIE	22
4.2.17. Hipoacusia Neurosensorial	22

	Pág.
5. METODOLOGÍA	23
5.1. PLANEACIÓN DEL PROYECTO	23
5.2. DESARROLLO CONCEPTUAL	23
5.3. DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA	23
5.4. DISEÑO DETALLADO	23
5.5. PRUEBA Y REFINAMIENTO	24
5.6. DIVISIÓN DEL PROYECTO EN ETAPAS PARA SU CONSECUCIÓN	24
6. PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN DEL PRODUCTO	25
6.1. OBTENCIÓN DE DATOS PRIMARIOS	25
6.2. PREMISAS Y RESTRICCIONES	26
7. ESTUDIO DE LA MÁQUINA	27
7.1. ESTUDIO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JABÓN TERMINADO	27
7.2. ESTUDIO DE LA PRENSADORA MAZZONI N2	28
7.2.1. Velocidad de la máquina.	29
7.2.2. Dimensiones de los jabones troquelados (mm)	29
7.2.3. Dimensiones de la máquina	29
7.2.4. Alimentación Prensadora Mazzoni N2	30
7.2.5. Tablero de control operación	30
7.2.6. Componentes funcionales Prensadora Mazzoni N2	31
7.2.7. Funcionamiento de la Prensadora Mazzoni N2	43
7.3. ESTUDIO DE SONOMETRÍA	43
7.4. GENERACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA	45
7.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO DE LA MÁQUINA PRENSADORA MAZZONI N2	45
8. MÉTODO DE INGENIERÍA CONCURRENTE	47
8.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES	47
8.2. MÉTRICAS	48
8.3. QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT)	49
8.4. GENERACIÓN DE CONCEPTOS	51
8.4.1. Caja negra	51
8.4.2. Descomposición funcional	51

	Pág.
8.5. DESARROLLO CONCEPTUAL	52
8.5.1. ¿Cómo disminuir y absorber las ondas sonoras?	52
8.5.2. ¿Cómo mejorar la efectividad de la red neumática de la Prensadora?	53
8.6. ALTERNATIVAS DE REDISEÑO	53
8.7. SELECCIÓN DE CONCEPTOS	54
8.7.1. Matriz para el tamizaje de conceptos	54
8.7.2. Evaluación de conceptos	55
8.8. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	56
8.9. INTERACCIONES FUNDAMENTALES ENTRE CONJUNTOS	57
8.10. PROTOTIPADO	58
8.10.1. Consideraciones del rediseño	59
8.11. REDISEÑO PRENSADORA MAZZONI N2	60
8.11.2. Estrategia de control (ladder)	62
8.11.3. Cambio de guardas en acrílico por guardas en fibra de vidrio transparente	63
8.12. DISEÑO PARA MANUFACTURA	64
8.12.1. Costo total del proyecto	64
8.13. CONCLUSIONES DEL METODO DE INGENIERÍA CONCURRENTES	65
 9. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO DEL PROYECTO	 67
9.1. BENEFICIOS DEL PROYECTO	67
9.1.1. Disminución de los niveles de presión sonora	67
9.1.2. Aplicación del proyecto a cualquier Prensadora Mazzoni N2	68
9.1.3. Salud	69
9.1.4. Ahorros	69
 10. CRONOGRAMA	 73
 11. CONCLUSIONES FINALES	 74
 BIBLIOGRAFÍA	 76
ANEXOS	77

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Exposición ocupacional al ruido, Resolución 1792 de 1990	17
Cuadro 2. Valores límites permisibles para impacto, Resolución de 1990	17
Cuadro 3. Dimensiones de los jabones troquelados (mm)	29
Cuadro 4. Alimentación Prensadora Mazzoni N2	30
Cuadro 5. Componentes funcionales Prensadora Mazzoni N2	31
Cuadro 6. Niveles de presión sonora Prensadora Mazzoni N2, línea 2	43
Cuadro 7. Niveles de presión sonora Prensadoras de la línea 2 y línea 3	44
Cuadro 8. Identificación de las necesidades	47
Cuadro 9. Especificaciones técnicas	48
Cuadro 10. Alternativas de rediseño	53
Cuadro 11. Matriz para tamizaje de conceptos	54
Cuadro 12. Ponderación de los criterios de selección	55
Cuadro 13. Matriz para evaluar conceptos	56
Cuadro 14. Costo total componentes para el proyecto	66
Cuadro 15. Costo total mano de obra para el proyecto	66
Cuadro 16. Coeficientes de absorción acústica fibra de vidrio transparente	68
Cuadro 17. Promedio consumo compresores nuevos 100 PSI	72
Cuadro 18. Costos mensuales energía neumática Prensadora línea 2	72
Cuadro 19. Costos mensuales energía neumática Prensadora línea 3	73
Cuadro 20. Proyección del ahorro después de la implementación	73
Cuadro 21. Cronograma	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama general de intervención de riesgos higiénicos a ruido	18
Figura 2. Proceso de producción de jabón terminado	26
Figura 3. Prensadora Mazzoni N2	28
Figura 4. Dimensiones y peso de la Prensadora Mazzoni N2	29
Figura 5. Tablero de control operación	30
Figura 6. Salida cortadora	32
Figura 7. Entrada Prensadora Mazzoni N2	32
Figura 8. Sistema de lubricación continua y cruz de malta	33
Figura 9. Estrella y pines de sujeción para jabón	34
Figura 10. Tacos expulsores, mangueras de expulsión y chupas de vacío	35
Figura 11. Tuberías de enfriamiento, aire comprimido y vacío	36
Figura 12. Sensores temperatura para alcohol refrigerante (entrada/salida)	37
Figura 13. Manómetro para aire comprimido (80 PSI)	38
Figura 14. Dados, mangueras de aire y refrigerante	38
Figura 15. Dados (troqueles) parte inferior del jabón y sostenedores	39
Figura 16. Dados parte superior del jabón (marcado)	40
Figura 17. Transportador de recorte jabón hacia Plodder	41
Figura 18. Salida Prensadora Mazzoni N2	41
Figura 19. QFD del proyecto	49
Figura 20. Caja negra	50
Figura 21. Descomposición funcional	51

	Pág.
Figura 22. Arquitectura del producto	57
Figura 23. Interacciones fundamentales entre conjuntos	58
Figura 24. Prototipo a desarrollar	59
Figura 25. Simulación estrella, expulsos de corona y electroválvula	61
Figura 26. Sensores inductivos telemecanique y levas Prensadora línea 3	62
Figura 27. Estrategia de control para electroválvula (Ladder)	63
Figura 28. Simulación encerramiento Prensadora	64
Figura 29. Curva de absorción acústica fibra de vidrio transparente	69
Figura 30. Caudal en punto de fuga (CFM)	71

GLOSARIO

DECIBEL: unidad de medida que permite estimar el sonido, y está determinado por la intensidad del sonido, es decir, depende de la presión de la vibración y de la alteración que esta produce en el aire.

DOSÍMETRO: pueden utilizarse para la medición del nivel diario equivalente de cualquier tipo de ruido. Es necesario utilizar dosímetros para la medición del ruido cuando el trabajador se mueve en distintos ambientes sonoros a lo largo de su jornada o parte de la misma. Estos equipos tienen la ventaja de poder situarse sobre el propio trabajador, de forma que le acompañan en los desplazamientos que realiza, registrando el ruido al que se encuentra expuesto en todo momento.

GATI-HNIR (Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo): la Dirección General de Riesgos Profesionales del Ministerio de la Protección Social publicó en el año 2004 el informe de enfermedad profesional en Colombia 2001 – 2002, en el cual se define un plan de trabajo cuyo objetivo fundamental es incrementar el diagnóstico y prevenir las enfermedades profesionales de mayor prevalencia en Colombia.

RUIDO: cualquier sonido indeseable o molesto, puede producir trastornos fisiológicos o psíquicos de ambas especies en las personas. El grado de molestia del ruido es el resultado de una percepción subjetiva de la persona, es decir, depende de la tolerancia de cada individuo expuesto al ruido.

SONÓMETRO: es el instrumento básico que se utiliza en la medida del sonido. Es un aparato que responde al sonido de forma aproximadamente igual que el oído humano y que da medidas objetivas y reproducibles de su nivel.

RESUMEN

El proyecto que se presenta a continuación se desarrolló para la empresa Colgate Palmolive, ubicada en Cali, Valle del Cauca, Colombia. Dicho proyecto se enfocó en la planta de cuidado personal en el área de terminado de jabones. El objetivo del proyecto es reducir los niveles de presión sonora, generados por una máquina prensadora MAZZONI N2, con el fin de disminuir los problemas auditivos que se pueden presentar en los trabajadores.

Para el cumplimiento del objetivo anteriormente descrito, es necesario el rediseño de la máquina prensadora MAZZONI N2 para el cual se realizó un completo estudio de la parte eléctrica y mecánica de la máquina, con el fin de determinar el punto crítico generador de ruido y a partir de éste análisis enfocar los esfuerzos por lograr la reducción del ruido de una manera más eficaz atacando directamente la fuente principal de ruido.

Gracias al método de ingeniería concurrente y al análisis de la máquina se determinó una alternativa de solución que cumple con los objetivos y requerimientos de la mejor forma. Además, se modeló el sistema con ayuda del software SolidWorks para obtener los planos detallados. Dicho método y estudio permitió establecer que no era necesario realizar un rediseño de la máquina, sino que con una mejora se alcanzaba el objetivo, lo que genera una evidente disminución en los costos de componentes e implementación.

Finalmente, con base en el diseño conceptual de la mejora a realizar, se cotizó con los proveedores de la empresa y se estimó el presupuesto tanto de los componentes como de la mano de obra necesaria para implementar el proyecto.

Palabras Claves: disminución, ruido, neumática, encerramiento, acústico, rediseño, prensadora, método, ingeniería, concurrente.

INTRODUCCIÓN

La finalidad de este proyecto es reducir los niveles de presión sonora en una sección del proceso de jabón terminado, específicamente en la Máquina Pensadora N2 (Máquina que comprime las barras de jabón dándole la forma final al producto, incluye el proceso de reutilización del recorte de jabón).

Este ruido excesivo representa un riesgo constante que a largo plazo pudiera generar hipoacusia sensorial por la exposición para los 56 trabajadores que interactúan con las máquinas y que se encuentran distribuidos en 3 jornadas de trabajo por día en las diferentes secciones de las 4 líneas de jabón terminado.

Actualmente en la planta de jabón terminado es necesaria la utilización de protección auditiva de inserción para minimizar el impacto causado por el exceso de ruido, por tal motivo se requiere la intervención realizando el rediseño de la máquina prensadora MAZZONI N2 para reducir la presión sonora generada por la misma, cumpliendo simultáneamente con los Estándares de la Compañía y la Legislación Nacional, para que cuando culmine la implementación de los proyectos ya no sea necesario el uso de protección auditiva por parte de los trabajadores.

Se requiere realizar una intervención sobre los actuadores y sistemas de aire de la Prensa que ocasionan la mayor cantidad de ruido de la Máquina. Este Proyecto proporcionará los elementos necesarios para disminuir los niveles de ruido generados por la máquina prensadora MAZZONI N2.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué pasaría si no se disminuyen los niveles de presión sonora en la planta de jabones de Colgate Palmolive?

Actualmente se presenta un problema desde el punto de vista de salud ocupacional en las 4 líneas de producción de jabón terminado en Colgate Palmolive, se trata de la hipoacusia (pérdida de audición), enfermedad degenerativa que afecta a los trabajadores de la planta a mediano plazo, debido a la exposición a altos niveles de presión sonora durante sus turnos de 8 horas diarios; actualmente, los niveles de presión sonora para la máquina prensadora MAZZONI N2 oscilan entre 88,1 y 90,3 dB según las mediciones sonométricas realizadas en el mes de Septiembre de 2012. Los anteriores valores exceden los 82 dB, el cual es el nivel máximo permitido según el estándar internacional The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).¹ El problema de ruido en las compañías se encuentra entre los 21 temas prioritarios de este siglo según el estándar internacional NIOSH.²

Desde el 2011 en Colgate Palmolive Colombia, el Departamento de Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y Ambiental (EOHS) implementaron el Programa de Conservación Auditiva* para todos los trabajadores, incluyendo plantas de producción, logística, departamento técnico y oficinas. El propósito de dicho programa es proteger a los trabajadores de los excesos de exposición al ruido que pueden afectar su salud; este equipo de protección personal auditivo son protectores auditivos tipo copa y de inserción. Sin embargo, después de implementado el rediseño de las máquinas en todas las secciones de las 4 líneas de la planta de jabón terminado, el objetivo es lograr una reducción por debajo del umbral máximo permitido que es de 82 dB, permitiendo a los trabajadores el uso opcional de protección auditiva durante su jornada laboral.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea la pregunta: ¿Cuál será la modificación más apropiada para la máquina prensadora MAZZONI N2 que permita disminuir la presión sonora en las líneas de jabón terminado para la empresa Colgate Palmolive Colombia?

¹ NIOSH Standard. Hearing Conservation - Occupational Health & Safety. 2005-1. 2006.

² The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

* Colgate-Palmolive. Programa de Conservación Auditiva – Departamento de Seguridad Industrial.

2. JUSTIFICACIÓN

En todas las Industrias, se han generalizado las enfermedades profesionales, según el estudio realizado entre los años 2001-2003 por la Dirección General de Riesgos Profesionales del Ministerio de la Protección Social, las enfermedades profesionales más frecuentes son el síndrome del conducto carpiano, el dolor lumbar y la Hipoacusia Neurosensorial inducida por altos niveles de presión sonora en el lugar de trabajo, esta última es la tercera causa más importante de movilidad profesional que causa problemas a corto plazo tales como fatiga, estrés laboral, disfunciones cardiorrespiratorias, efectos nocivos en el sistema nervioso, variaciones en el sistema endocrino y pérdida de la audición que se presenta a largo plazo.³

La exposición a elevados niveles de presión sonora en el trabajo deteriora la capacidad auditiva del trabajador expuesto para percibir sonidos, disminuyendo su habilidad para escuchar mensajes importantes, dificultando la comunicación y la seguridad.

A esto se le suma el hecho de que los factores medio ambientales se están convirtiendo en uno de los ejes estratégicos y de competitividad de la actividad empresarial, no solo por la presión de la legislación, sino la del mercado, la que exige que toda actividad industrial se desarrolle con respeto para el entorno.* Teniendo en cuenta esto, Colgate Palmolive Colombia debe desarrollar actividades que lleven a la intervención del factor de riesgo que representan los altos niveles de presión sonora para sus trabajadores y estar en constante búsqueda de ambientes de trabajo más saludables.

³ Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo. GATI-HNIR.

* Asesores Ambientales. Informe de Higiene Industrial. 2010.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Rediseñar la máquina Prensadora Mazzoni N2 ubicada en la línea 2 para disminuir los niveles de presión sonora 5 dB(A) en la planta de jabón terminado en Colgate Palmolive Colombia y mejorar los indicadores de calidad en el área.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar el proceso de producción de jabón terminado.
- Realizar las mediciones de ruido en el área donde se encuentra ubicada la máquina a intervenir.
- Realizar las dosimetrías al personal expuesto para determinar su nivel de exposición al ruido mientras interactúan con la máquina.
- Generar alternativas de solución para el problema de ruido en la máquina mediante el proceso de diseño estructurado y concurrente.
- Generar planos y especificaciones en el rediseño necesarias para llevar a cabo su implementación.
- Generar simulaciones del funcionamiento de las distintas partes del sistema de forma integral.
- Realizar un estudio de los resultados para validar la reducción de los niveles de ruido.
- Generar un presupuesto del proyecto, teniendo en cuenta restricciones y precios reales, para poder hacer un estudio de viabilidad del mismo.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. ANTECEDENTES

Las industrias en el ámbito nacional e internacional siempre se han preocupado por la salud de sus trabajadores, en el caso del problema de ruido, se han usado materiales para reducir la transmisión del sonido, aislamientos usados como absorbentes acústicos, además de cambios en el diseño de la fuente del ruido y confinación del ruido en la fuente mediante encerramientos acústicos.

Actualmente no se ha realizado ninguna intervención sobre la máquina prensadora MAZZONI N2 para reducir los altos niveles de presión sonora generados por la misma en las líneas de jabón terminado en Colgate Palmolive Colombia.

Existe un antecedente en la empresa Colgate Palmolive Morristown, Tennessee, la cual se convirtió en la primera planta de Colgate Palmolive en el mundo en cumplir satisfactoriamente el estándar de NIOSH (Presión Sonora menor a 85dB), por ende, el uso de protección auditiva es opcional por parte de los trabajadores. En esta empresa se logró esta disminución de ruido mediante la instalación de silenciadores, recubrimiento modular con paneles especiales para la reducción del ruido, cambio del material de las bandas transportadoras de metálico a plástico y la instalación de un actuador lineal que reemplaza el pistón neumático que se usaba antes en la envolvedora. Con esta iniciativa se logró mejorar los puestos de trabajo de las personas que interactúan con las máquinas y también se logró una reducción de gastos anuales de 30.000 dólares aproximadamente.⁴

En Colgate Palmolive Colombia, en el área de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial (EOHS), se han realizado estudios periódicos de los niveles de presión sonora a los que están expuestos los trabajadores en todas las plantas, incluyendo la planta de jabón terminado. Debido a que los estudios reflejaron que los niveles de presión sonora están por encima del umbral de 85dB, lo cual colocaba en riesgo la salud auditiva de los trabajadores a largo plazo, implementaron el Programa de Conservación Auditiva⁵ en el 2011 dirigido a todos los trabajadores, motivándolos a cuidar su salud auditiva mediante el uso de protección auditiva (tapa oídos) que ayuda a disminuir el impacto que genera los altos niveles de presión sonora en la audición de los trabajadores.

⁴ Colgate Palmolive Morristown, TN. *Final Hearing 2012*. Presentación de diapositivas.

⁵ Colgate-Palmolive. Programa de Conservación Auditiva – Departamento de Seguridad Industrial. 2011.

4.2. MARCO TEORICO

4.2.1. Sonido: ⁶ es la vibración capaz de producir una sensación auditiva. Se genera por una fuente de energía y requiere de un medio con propiedades elásticas para su propagación, el cual puede ser sólido, líquido o gaseoso, aunque el usual es el aire. El sonido posee características medibles, que tienen importancia para el análisis de la audición, dentro de ellas se encuentran:

- **Frecuencia:** medida en Hertz o ciclos por segundo, representa el número de variaciones de presión que ocurren en un segundo. El rango de frecuencias audible para el oído humano está entre 20 y 20.000 Hz, aunque el rango conversacional se ubica entre 300 y 3.000 Hz.

- **Intensidad:** se refiere al nivel de presión o nivel de intensidad que tiene el movimiento vibratorio, midiéndose en Pascales, Newtons por metro cuadrado o decibeles (dB). El rango de intensidad para el hombre está entre 0 y 120 dB.

4.2.2. Ruido: ⁷ se define como una mezcla desordenada y compleja de sonidos no deseados sin calidad musical. Puede producir efectos adversos sobre la salud e interferir con la comunicación, el desempeño laboral y el descanso. El grado de lesión que puede producir el ruido depende de su naturaleza, del tiempo de exposición y de factores individuales que se relacionan con la susceptibilidad. Tradicionalmente se han descrito tres tipos de ruido:

- **Continuo o Estable:** es aquel que no representa oscilaciones de intensidad rápidas y repentinas mayores a 2dB.

- **Intermitente:** presenta oscilaciones del nivel de presión sonora de más de dos dB, continuas y sin periodo de estabilidad.

- **Impacto:** presenta fluctuaciones bruscas del nivel de presión sonora.

4.2.3. Efectos del ruido: la exposición al ruido por encima de los límites permisibles produce lesiones temporales y/o permanentes los cuales ocasionan efectos psicológicos y fisiológicos en las personas como: irritabilidad, daños al oído interno, disminución de la audición, aumento de la presión sanguínea, incremento de funciones metabólicas y del ritmo respiratorio, la circulación de la sangre las funciones digestivas se hacen más lentas, dolor de cabeza, náuseas, tensión muscular, cansancio físico general, nerviosidad, disminuye el estado de alerta del individuo, torpeza y tensión.*

⁶ Asesores Ambientales. Informe de Higiene Industrial. 2010, Página 8.

⁷ Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Buenos Aires. ¿Qué es el ruido?, 2013, [Citado el 20 de Julio de 2013]. Disponible en Internet:

<http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/comite/queesrui.htm>

* Colgate-Palmolive. Programa de Conservación Auditiva, 2011, Página 3.

4.2.4. Técnicas de medición: existen esencialmente dos formas de realizar la cuantificación de los niveles de presión sonora, las cuales son conocidas como Sonometrías y Dosimetrías.

- Las Sonometrías se utilizan básicamente para cuantificar los niveles de ruido generados por una máquina o los existentes en un puesto de trabajo, especialmente cuando los niveles de presión sonora son más o menos constantes o cuando la índole del estudio así lo ameriten. Permite también realizar estudios para el control de la exposición a ruido.

- Las Dosimetrías por su parte se realizan cuando el personal objeto del estudio, se encuentra expuesto a diferentes niveles de ruido durante su jornada laboral, por lo que este tipo de evaluación acumula los diferentes niveles de presión sonora existentes durante el tiempo de evaluación y luego, al final del estudio, se pueden extraer los aspectos más importantes como lo son el nivel promedio y la dosis de exposición.

4.2.5. Identificación de una planta: definir completamente las características de estado estacionario y dinámico, es decir, la respuesta total de un sistema, que se describe mediante una ecuación diferencial lineal.⁸

4.2.6. Método de diseño concurrente para nuevos productos: consiste en realizar el desarrollo del producto y del sistema productivo de forma simultánea o paralela, permitiendo realizar el ejercicio de la ingeniería más eficiente, además permite tener mayor flexibilidad y organización reduciendo los tiempos y aumentando la certeza de que el resultado va a ser exitoso.

4.2.7. Servomotores: motores que permiten ser controlados, estos no tienen la limitación de la velocidad máxima debido a una chispa de rectificación, una buena característica de torque se puede obtener en rangos de altas velocidades.⁹

4.2.8. IEC 61138 (Buses de campo): International Electrotechnical Commission es una organización internacional para la estandarización comprende todos los comités electrotécnicos nacionales (Comités Nacionales de IEC). El objeto de la IEC es promover la cooperación internacional en todas las cuestiones relativas a la normalización en los campos eléctrico y electrónico. Con este fin y como complemento de otras actividades, la IEC publica Normas Internacionales.

⁸ Corripio, Armando B. y Smith. Control Automático de procesos: Teoría y Práctica. México: ELIME, 1991.

⁹ Suk-Hwan Suh, SeongKyoong Kang, Dae-Hyuk Chung, Ian Stroud. Theory and Design of CNC Systems. Springer-Verlag London Limited, 2008.

4.2.9. Normatividad y Reglamentación: las normas que se tienen en cuenta para el desarrollo del proyecto no han sufrido cambios en los últimos años y continúan siendo las resoluciones colombianas 8321 de 1983 y la 1792 de 1990 emanadas del ministerio de Salud y de trabajo y Seguridad social respectivamente.*

- **Resolución 8321 de 1983:** normas sobre protección y conservación de la audición de la salud y bienestar de personas.

- **Resolución 8321 de 1983, ARTICULO 42:** “No se permite ningún tiempo de exposición a ruido continuo o intermitente por encima de 115 dB (A) de presión sonora”.

En estas resoluciones se definen las estrategias a utilizar durante la evaluación así como también los límites de exposición entre los que se encuentran los valores para ruidos continuos o intermitentes. Los valores máximos establecidos por la legislación colombiana, con una tasa de cambio de 5 dB son los siguientes:

Cuadro 1. Exposición ocupacional al ruido, Resolución 1792 de 1990

TIEMPO DE EXPOSICIÓN (HORAS)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE dB(A)
8	85
4	90
2	95
1	100
30 minutos	105
15 minutos	110
7 minutos	115

Los valores son aplicados a ruido continuo e intermitente, sin exceder la jornada máxima laboral vigente de 8 horas diarias.

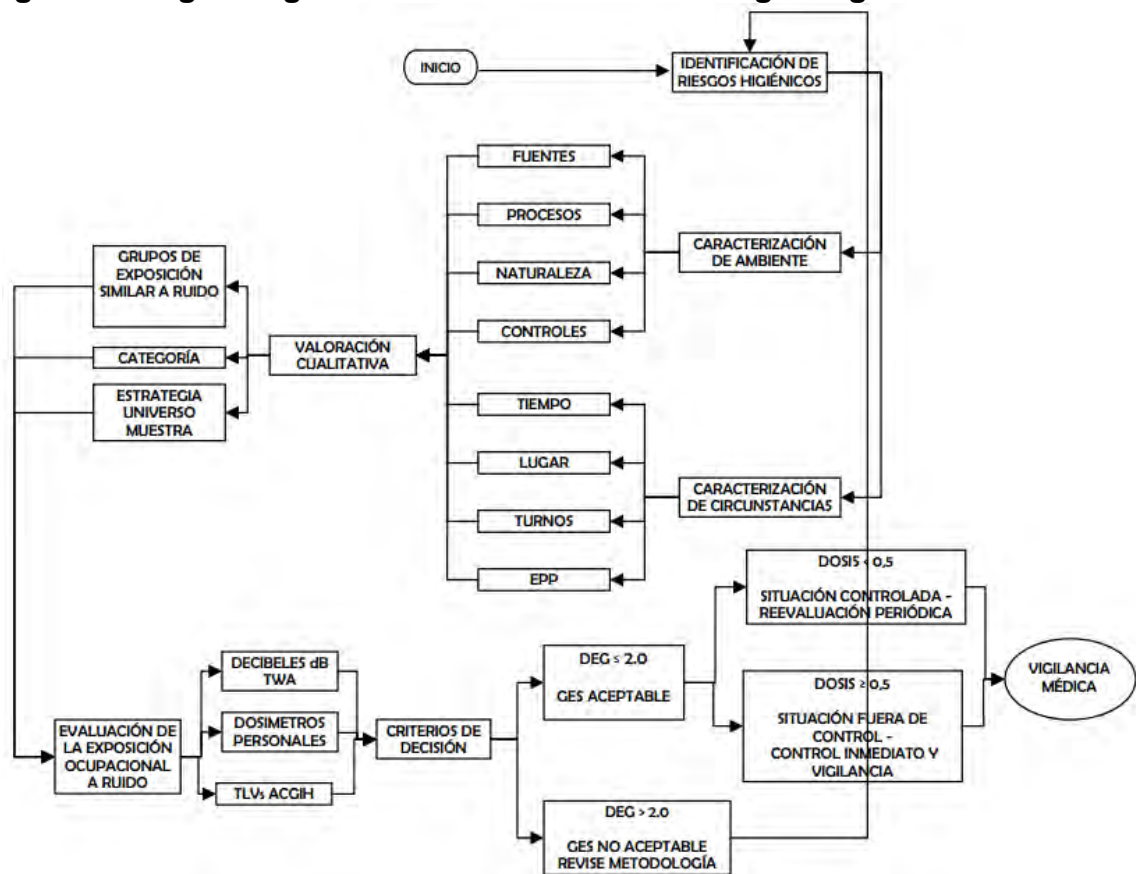
Cuadro 2. Valores límites permisibles para impacto Resolución 1792 de 1990

NIVEL DE PRESIÓN SONORA (dB)	NÚMERO DE IMPACTOS PERMITIDOS POR DÍA
140	100
130	1000
120	10000

* Asesores Ambientales. Informe de Higiene Industrial. 2010, Página 14.

4.2.10. GATI-HNIR (Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo): la Dirección General de Riesgos Profesionales del Ministerio de la Protección Social publicó en el año 2004 el informe de enfermedad profesional en Colombia 2001 – 2002, en el cual se define un plan de trabajo cuyo objetivo fundamental es incrementar el diagnóstico y prevenir las enfermedades profesionales de mayor prevalencia en Colombia.¹⁰ A continuación se presenta el Diagrama de intervención de riesgos higiénicos a ruido:

Figura 1. Diagrama general de intervención de riesgos higiénicos a ruido



4.2.11. IEC-61499: define una arquitectura abierta para la próxima generación de control distribuido y la automatización.¹¹

¹⁰ Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo, 2006, Página 29. [Citado el 20 de Octubre de 2012]. Disponible en Internet: http://www.epssura.com/guias/guia_ved.pdf

¹¹ IEC the new standard in automation. [Citado el 26 de septiembre de 2012]. Disponible en internet: <http://www.iec61499.de/>

4.2.12. Sistemas de control (Clásico, Moderno e Inteligente): lograr mantener en determinado valor de operación las variables del proceso tales como: temperatura, presión, flujo, entre otros.¹²

4.2.13. Sistemas mecánicos: sistemas constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía.

4.2.14. Software de simulación: herramienta utilizada para conocer el impacto del cambio en los procesos sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad, además permite ver cómo se comporta el modelo bajo diferentes escenarios.¹³

4.2.15. IEC-61131-3: norma para estandarizar los lenguajes de programación para la automatización industrial; con su soporte en todo el mundo, dividiéndose en vista general, hardware, lenguajes de programación, guías de usuario y comunicación.¹⁴

4.2.16. RETIE: (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) de Colombia: Reglamento que permite establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.

4.2.17. Hipoacusia Neurosensorial: disminución de la capacidad auditiva por alteración a nivel del oído interno, del octavo par craneal o de las vías auditivas centrales. Las alteraciones más frecuentes se relacionan con las modificaciones en la sensibilidad coclear.¹⁵

¹² Corripio, Armando B. y Smith. Control Automático de procesos: Teoría y Práctica. México : ELIME, 1991.

¹³ Eduardo García Dunna, Heriberto García Reyes, Leopoldo E Cárdenas Barrón. Simulación y análisis de sistemas con ProModel. México: Pearson Educación. Primera edición, 2006.

¹⁴ Plcopen for efficiency in automation. TC1 – Standards. [Citado el 26 de septiembre de 2012]. Disponible en Internet: http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/

¹⁵ Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo, 2006, Página 41. [Citado el 20 de Octubre de 2012]. Disponible en Internet: http://www.epssura.com/guias/guia_ved.pdf

5. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se llevara a cabo durante 6 meses donde el proyecto deberá ser finalizado. El proyecto se prepara y presenta a través de este anteproyecto y en el proceso de desarrollo se adelantan estos puntos:

5.1. PLANEACIÓN DEL PROYECTO

Aquí se identificarán las diferentes oportunidades del proyecto. Se analiza la oportunidad escogida y se estudia la viabilidad de la misma, en la parte del diseño se considera la plataforma del producto y la arquitectura, se evalúan nuevas tecnologías y soluciones ya existentes, en la producción se identifican las restricciones del sistema y se establece la cadena de suministro. Después de seleccionado el proyecto se escribe el anteproyecto.

5.2. DESARROLLO CONCEPTUAL

Utilizando la metodología de diseño concurrente se realiza la identificación de las necesidades del cliente, en diseño se investiga la factibilidad de los conceptos, se desarrolla el diseño industrial, además de estimar los costos de manufactura y se evalúa la factibilidad de la implementación.¹⁶

5.3. DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA

Después de tener claras las características del diseño se procede a generar diferentes conceptos usando para ello una tabla morfológica y seleccionando el mejor concepto aplicando filtros de selección y prueba de conceptos.

5.4. DISEÑO DETALLADO

Esta es la etapa de diseño arquitectural del diseño, aquí se realiza el diseño del sistema en forma detallada definiendo los componentes, estableciendo la forma

¹⁶ Capuz Rizo, S. Ingeniería Concurrente para el diseño de productos. 2001. Alfaomega

externa del producto teniendo en cuenta el diseño industrial, se seleccionan los materiales y componentes y se define el proceso de producción de partes y piezas.

5.5. PRUEBA Y REFINAMIENTO

Se modela y simula el diseño, realizando un análisis de fiabilidad, tiempo de vida, desempeño y se obtienen las aprobaciones regulatorias, además se implementan los cambios en el diseño, se define el proceso de producción de las piezas, las cotizaciones, el manual de ensamble y el proceso de aseguramiento de calidad.

5.6. DIVISIÓN DEL PROYECTO EN ETAPAS PARA SU CONSECUCIÓN

Para desarrollar el proyecto, este se ha dividido en 8 etapas las cuales hacen referencia y siguen el modelo de ingeniería concurrente, lo que hace que podamos generar tareas puntuales, ordenadas y coherentes al progreso del proyecto, lo que también asociaremos a un cronograma de trabajo el cual se planteará posteriormente. Las etapas son:

ETAPAS:

- Análisis y diagrama de flujo del proceso de producción de jabón.
- Fundamentación teórica y estudio del ruido.
- Estudio de instrumentación, selección de dispositivos y análisis de los estándares corporativos vigentes en Colgate Palmolive.
- Formulación de conceptos y/o propuestas para el rediseño.
- Rediseño de la máquina prensadora MAZZONI N2.
- Modelado de las piezas, el sistema y el ensamble en 3D.
- Simulación 3D del sistema funcionando, pruebas al prototipo virtual
- Simulación del sistema para verificar la reducción de los niveles de ruido.
- Manual de ensamble y Mantenimiento.

6. PLANTEAMIENTO DE LA MISIÓN DEL PRODUCTO

Diseño de un sistema que reduzca los niveles de ruido generados por la prensadora MAZZONI N2 en el proceso de troquelado de jabones ubicada en la línea 2 de la planta de jabón terminado, además permitir que dicho sistema pueda ser implementado realizando pequeñas variaciones en las demás prensadoras MAZZONI N2 ubicadas en las otras 3 líneas de la planta de jabón terminado, evitando de esta manera las enfermedades en los operarios por la exposición a altos niveles de ruido.

6.1. OBTENCIÓN DE DATOS PRIMARIOS

Inicialmente se realiza un estudio exploratorio mediante entrevistas con los ingenieros de planta, operarios expertos en el proceso de jabón terminado, gerentes de la empresa (Gerente de Ingeniería, Gerente de Salud Ocupacional, Gerente Planta Jabones) y expertos en Ingeniería de Sonido.

Posteriormente, se elaboró un estudio descriptivo del proceso de producción en general, para entender cómo funciona toda la planta, esto se hizo a través de visitas, recorridos y observaciones del proceso enfocándolo siempre en la parte de troquelado del jabón de la línea 2 donde se realizara el proyecto. Con todo lo anterior se obtuvieron los siguientes datos:

- El sistema debe tener protección para evitar posibles accidentes con los elementos en movimiento al interior de la prensadora MAZZONI N2.
- El sistema debe alimentarse de las redes provistas en la planta, eléctrica (110V, 220V, 440V), neumática (70-90 PSI), vacío (15-30 Hg).
- El sistema debe ocupar un espacio definido que no afecte pasillos ni otras líneas.
- El sistema debe estar previsto para su mantenimiento.
- El sistema debe estar diseñado teniendo en cuenta las marcas de los proveedores que actualmente maneja la empresa Colgate Palmolive Colombia.

6.2. PREMISAS Y RESTRICCIONES

En este momento a nivel local (Área de Jabón Terminado) no se encuentra ningún tipo de sistema que ayude a disminuir el ruido en las líneas de producción, lo que nos garantizaría un mayor grado de éxito, ya que es una herramienta necesaria para evitar enfermedades en los operarios. Las limitantes están dadas en que se tiene que detener la producción de la línea 2 para llevar a cabo la implementación del proyecto y también en los parámetros de alimentación del sistema, que deben ser los que se tienen en planta, descritos en la obtención de los datos primarios.

7. ESTUDIO DE LA MÁQUINA

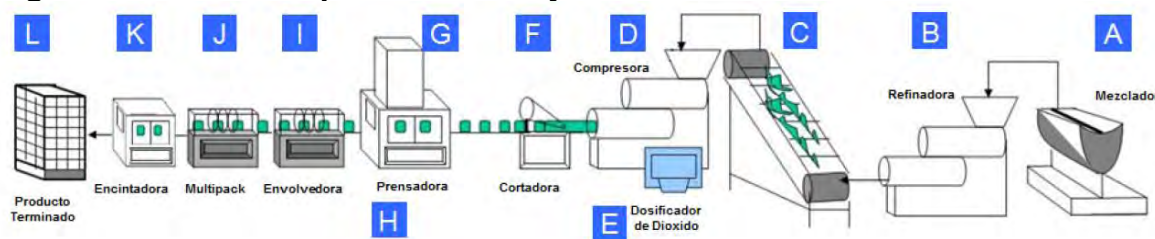
En esta etapa del proyecto se realiza el estudio y análisis de la maquinaria para conocer su funcionamiento, comportamiento y características de tal forma de que se pueda tener una visión general de todo el equipo para poder dar solución al problema del alto nivel de presión sonora.

El estudio más importante a desarrollar y analizar en esta etapa es el estudio de sonometría por lo que solo se resaltarán los puntos más importantes en los demás estudios.

7.1. ESTUDIO DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE JABÓN TERMINADO

El proceso de producción de jabón terminado en Colgate Palmolive es altamente industrializado e intervienen muy pocos operarios en su funcionamiento. En la siguiente figura (ver figura 1), se puede observar el ciclo que cumple el proceso descrito por las siguientes etapas:

Figura 2. Proceso de producción de jabón terminado



- Mezclador: recibe el material virgen (sin aroma, color ni perfume) para posteriormente agregárselos de acuerdo al plan de producción.
- Refinadora: homogeniza el producto por extrusión.
- Transportador: transporta la viruta de jabón hacia el siguiente paso.
- Compresora: también llamada Plodder, homogeniza la viruta junto la rebaba sobrante proveniente de la Prensadora. En este punto también se mezcla el producto con el dióxido de titanio.

- Dosificador de dióxido: agrega la cantidad correcta de dióxido de titanio al jabón para dar el estilo “rayado” de algunos jabones PALMOLIVE.
- Cortadora: corta el billet de jabón en trozos de billet más pequeños.
- Chiller: calienta la barra de billet para remover la humedad.
- Prensadora: troquela la barra de billet en las barras de jabón que conocemos comercialmente.
- Envolvedora: realiza el empaque individual de cada barra de jabón.
- Multipack: realiza el empaque de conjuntos de 3 o 6 barras de jabón.
- Encintadora: se encarga empacar los multipack en cajas o corrugados.
- Producto terminado: es un pallet de cajas que posteriormente es llevado a bodega para su posterior comercialización.

7.2. ESTUDIO DE LA PRENSADORA MAZZONI N2

Esencialmente es una Prensadora/Troqueladora, que durante el proceso de producción de jabón terminado en Colgate Palmolive se encarga de troquelar las barras de billet que vienen del Plodder convirtiéndolas en las barras de jabón que conocemos comercialmente, posteriormente estas barras son llevadas mediante una banda transportadora a la Envolvedora la cual realiza el empaque individual de cada barra de jabón.

La Prensadora es una troqueladora universal, es decir que puede troquelar:

- Jabones rectangulares con o sin faja lateral (contorno).
- Jabones ovales con o sin contorno.
- Jabones irregulares (como animales, flores, etc.).

Figura 3. Prensadora Mazzoni N2. Cortesía de Colgate Palmolive



7.2.1. Velocidad de la máquina. 50 hasta 200-230 jabones troquelados por minuto.

7.2.2. Dimensiones de los jabones troquelados (mm).

Cuadro 3. Dimensiones de los jabones troquelados (mm)*

	Largo	Ancho	Espesor
Mínimo	60	40	12
Máximo	125	70	40
Max.* (con contorno)	100	65	40

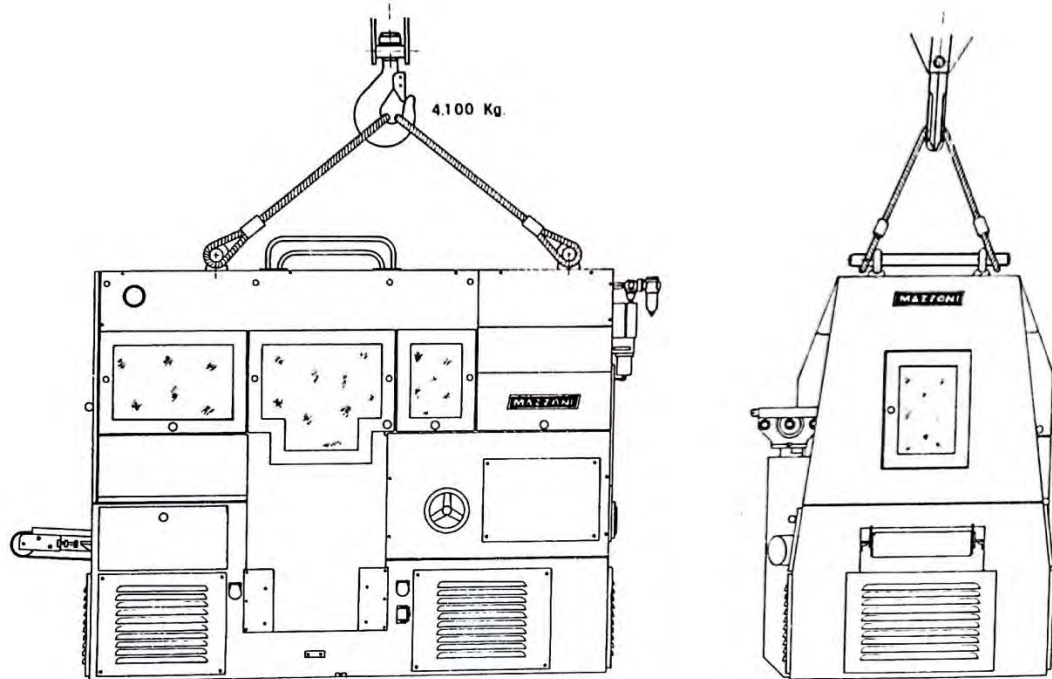
7.2.3. Dimensiones de la máquina.

Medidas de la Prensadora: 2250 x 1060 x 1790 mm

Peso neto: 4100 Kg

* Colgate-Palmolive. Manual de Operación y Manutención de la Prensadora Mazzoni N2

Figura 4. Dimensiones y peso de la Prensadora Mazzoni N2



7.2.4. Alimentación Prensadora Mazzoni N2. La alimentación eléctrica para el motor principal de 7 HP se lleva a cabo con 440VAC, para el tablero de control con 110VAC, el proceso de absorción por medio de vacío se realiza a 24 o 25 pulgadas de mercurio (in Hg) y la alimentación neumática se realiza con 80 PSI (Pound-force per Square Inche).

Cuadro 4. Alimentación Prensadora Mazzoni N2

Alimentación	Componente	Unidades
Eléctrica	Motor Principal (7 HP)	440 VAC
Eléctrica	Tablero de control	110 VAC
Neumática	Red neumática	80 PSI
Vacío	Chupas de vacío	24-25 in Hg

7.2.5. Tablero de control operación.

Figura 5. Tablero de control operación. Cortesía de Colgate Palmolive



7.2.6. Componentes funcionales Prensadora Mazzoni N2.

Cuadro 5. Componentes funcionales Prensadora Mazzoni N2

Ítem	Componente	Función
1	Motorreductores.	Graduar la velocidad de las bandas transportadoras (entrada/salida).
2	Banda transportadora entrada.	Ingresa el billet de jabón hacia la prensadora, una vez ha sido cortado.
3	Sistema de lubricación continua.	Lubricar y proteger las piezas de un desgaste prematuro.
4	Cruz de Malta.	Movimiento de intermitencia (estrella).
5	Estrella.	Realiza giros de 90° completando los 4 pasos necesarios para troquelar el jabón.
6	Pines de sujeción para billet de jabón.	Recibir el billet de jabón proveniente de la banda transportadora de entrada.
7	Pines de sujeción para sobrante de jabón.	Sujetar el sobrante de jabón que resulta una vez se realiza el troquelado.
8	Sostenedores para jabón y sobrante.	Sostener el jabón después del troquelado mientras actúan las chupas de vacío.
9	Chupas de vacío.	Realizan un movimiento de 90° para tomar el jabón una vez ha sido troquelado y regresan para descargarlo en la banda transportadora de salida.
11	Manómetro.	Medir la presión existente en la tubería de aire comprimido.
	Tacos expulsores.	Empujar el sobrante de jabón hacia el transportador de recorte jabón.
14	Mangueras de expulsión de corona.	Ayudar a los tacos expulsores a empujar el jabón (flujo directo de aire).
16	Sensores de temperatura para alcohol refrigerante (entrada/salida).	Realizar la medición de temperatura (entrada/salida) del alcohol refrigerante durante el proceso.
18	Mangueras para alcohol refrigerante (entrada/salida).	Transportar el alcohol refrigerante hacia los troqueles, los cuales están provistos de canalizaciones para la circulación del fluido de enfriamiento.
19	Mangueras de aire para expulsores acoplados en los troqueles.	Proporcionar la presión de aire necesaria para realizar el marcado del jabón.
20	Transportador de recorte de jabón.	Transportar el sobrante de jabón que resulta del troquelado hacia el Plodder para posteriormente ser reciclado.
21	Banda transportadora salida.	Transportar las barras de jabón hacia la envolvente para ser empacados.

Figura 6. Salida cortadora. Cortesía de Colgate Palmolive

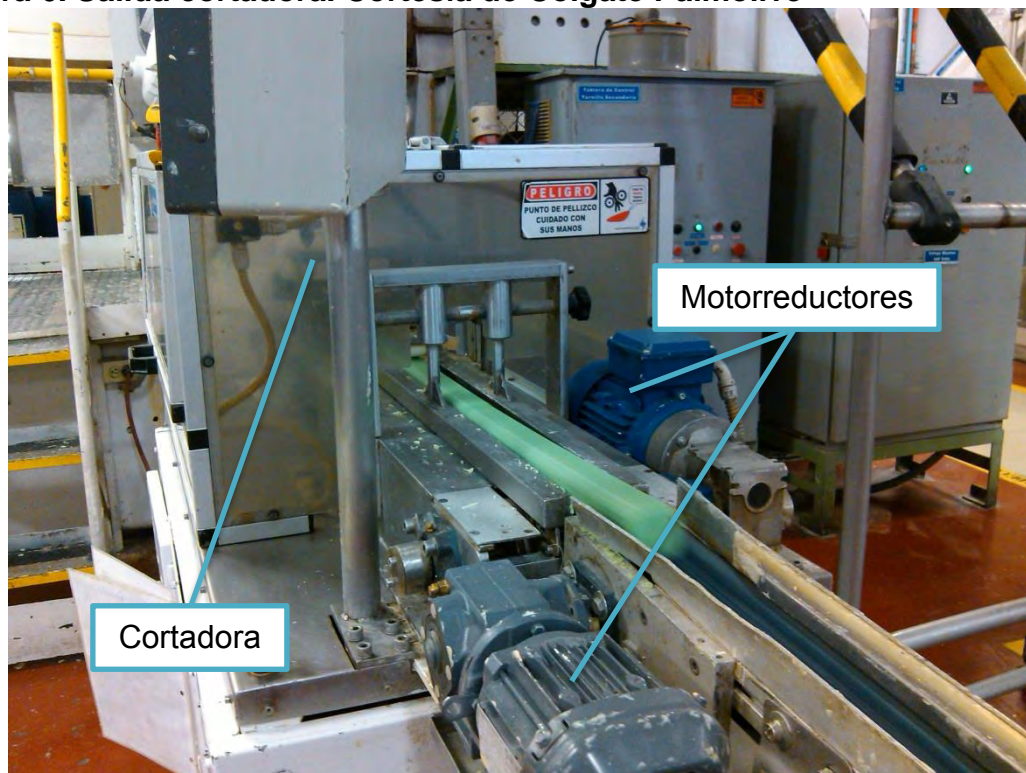


Figura 7. Entrada Presadora Mazzoni N2. Cortesía de Colgate Palmolive

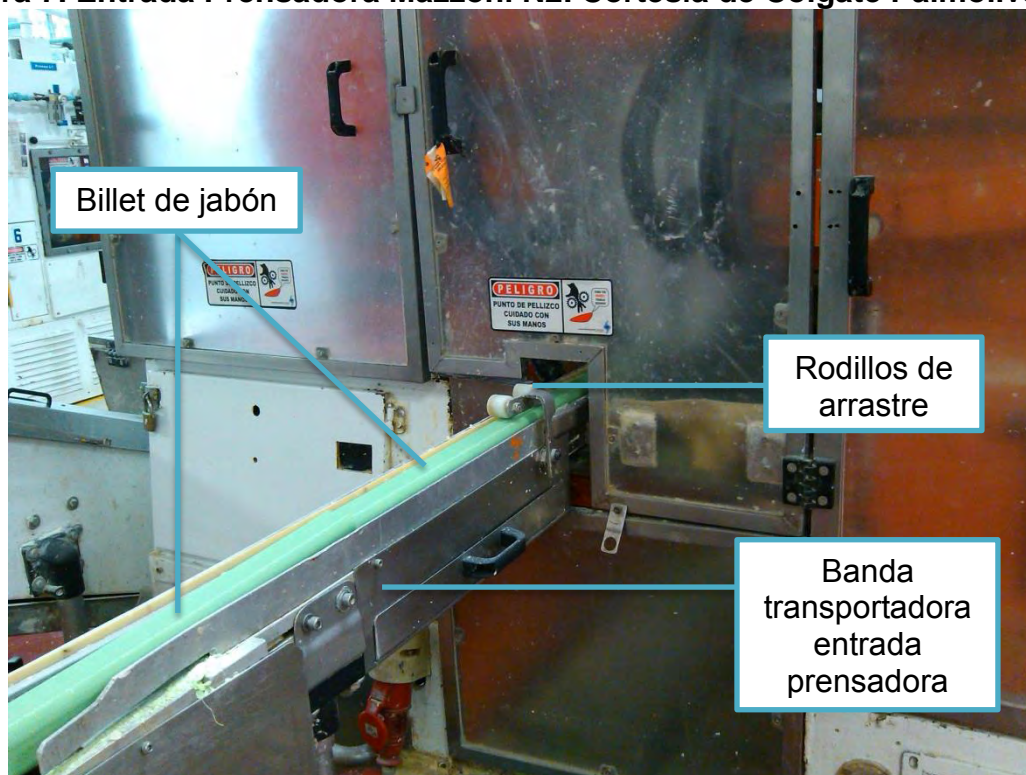


Figura 8. Sistema de lubricación continua y cruz de malta
Cortesía de Colgate Palmolive

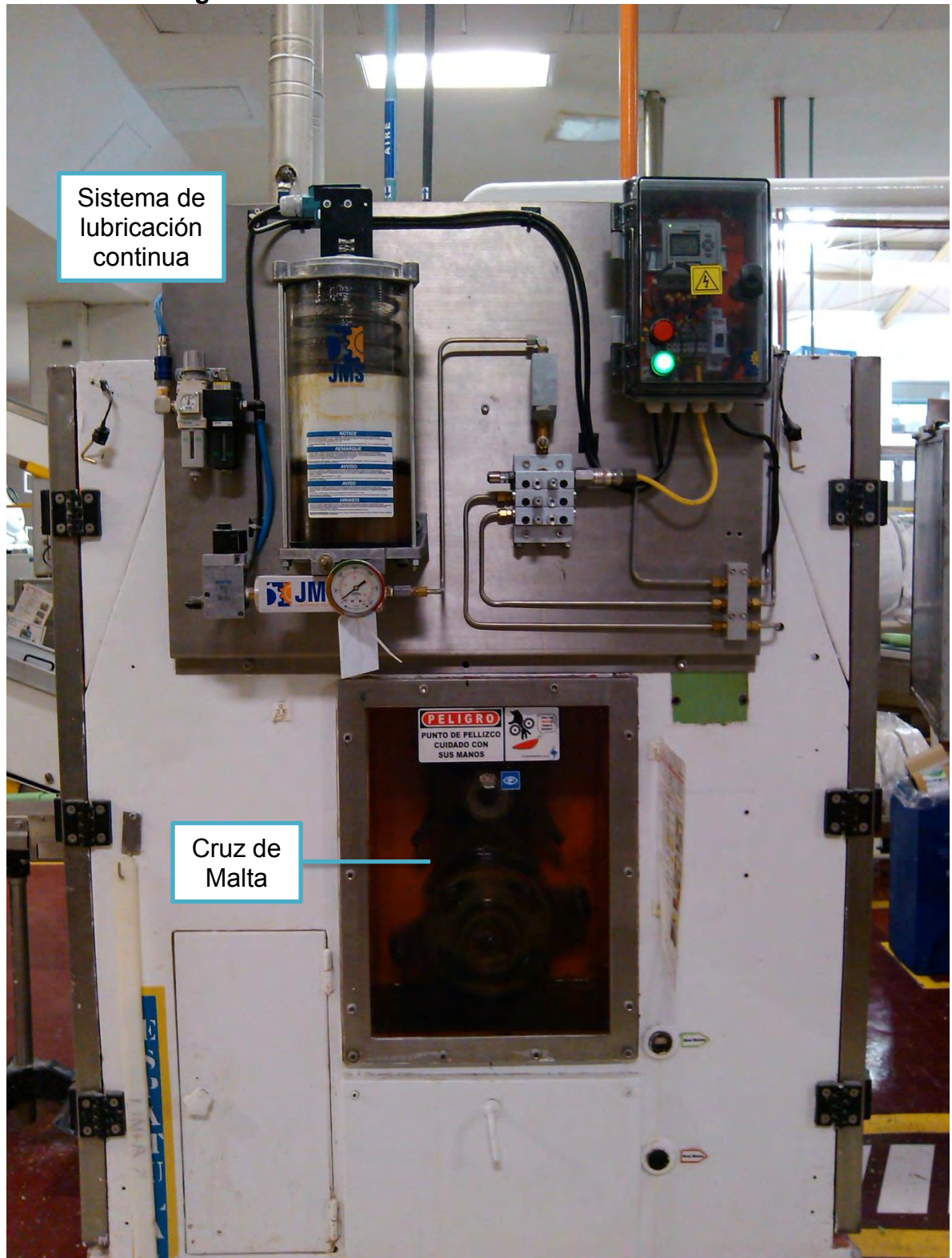


Figura 9. Estrella y pines de sujeción para jabón
Cortesía de Colgate Palmolive



Figura 10. Tacos expulsores, mangueras de expulsión y chupas de vacío
Cortesía de Colgate Palmolive

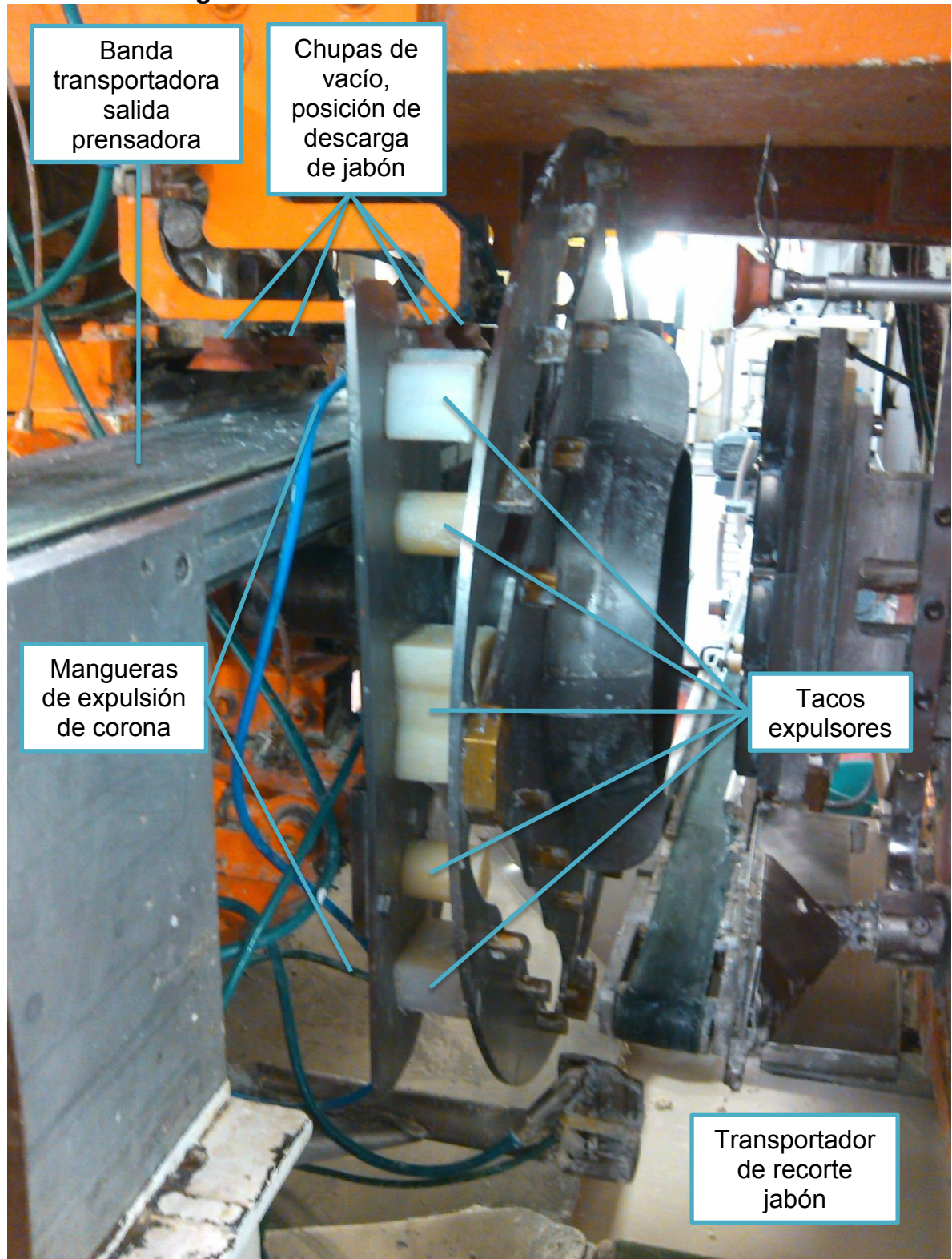


Figura 11. Tuberías de enfriamiento, aire comprimido y vacío
Cortesía de Colgate Palmolive

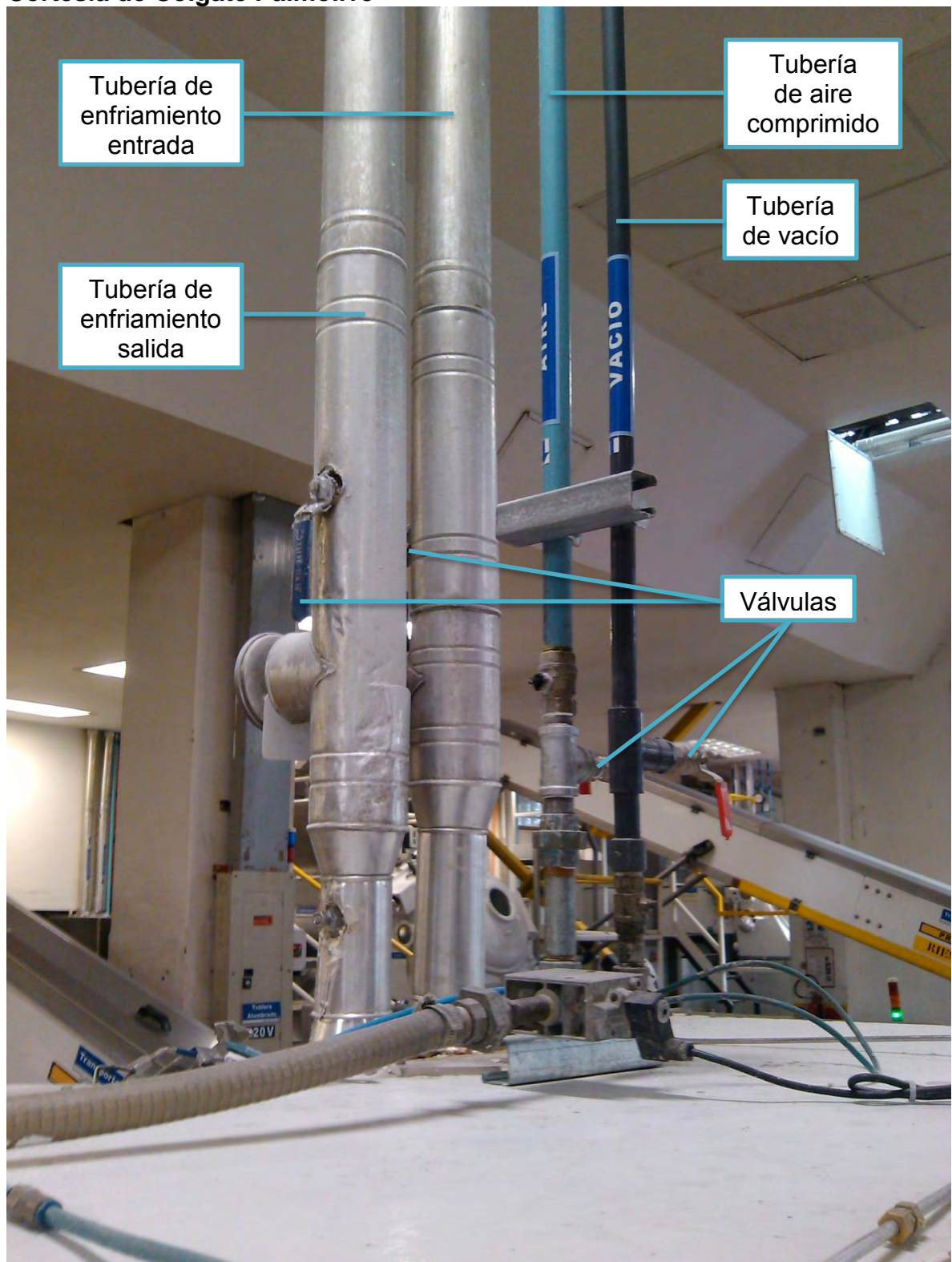


Figura 12. Sensores de temperatura para alcohol refrigerante (entrada/salida)
Cortesía de Colgate Palmolive

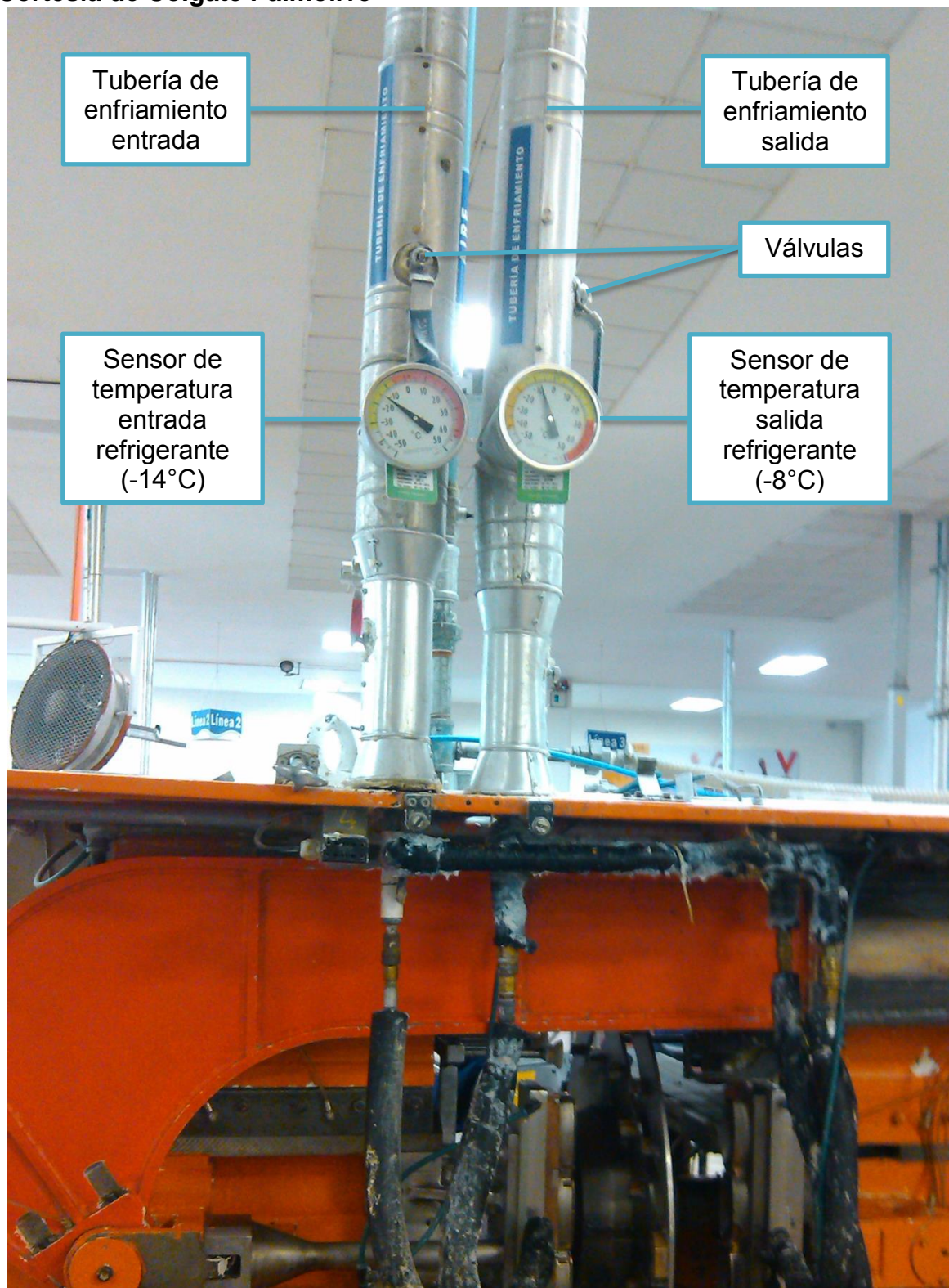


Figura 13. Manómetro para aire comprimido (80 PSI). Cortesía de Colgate

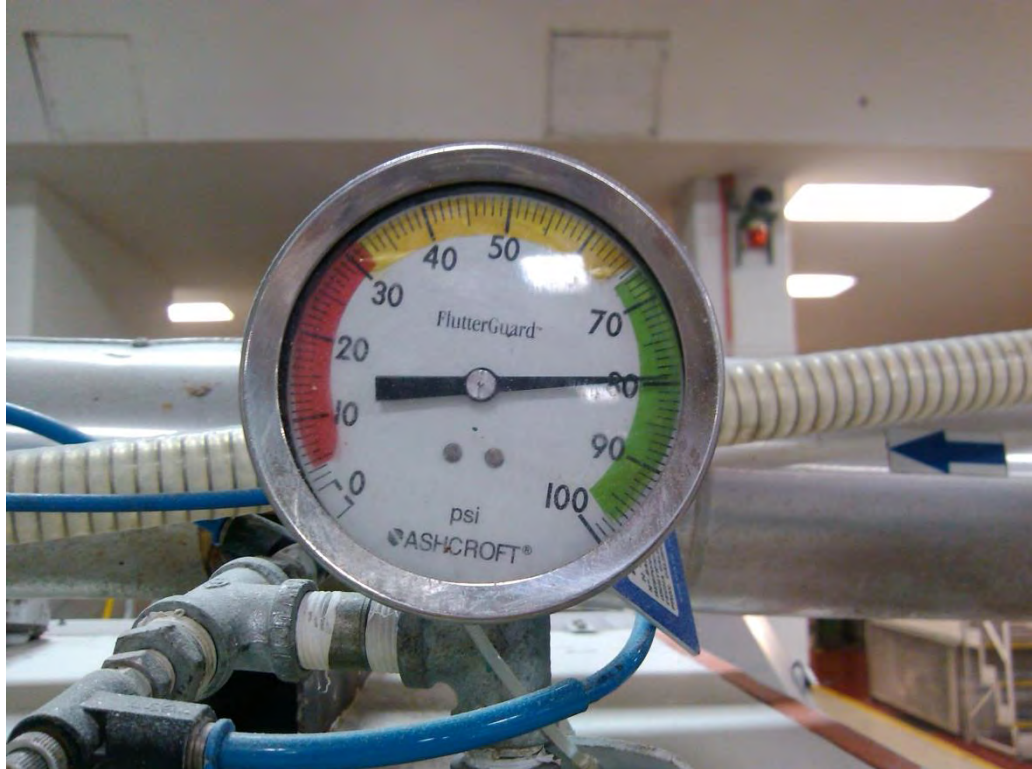


Figura 14. Dados, mangueras de aire y refrigerante. Cortesía de Colgate

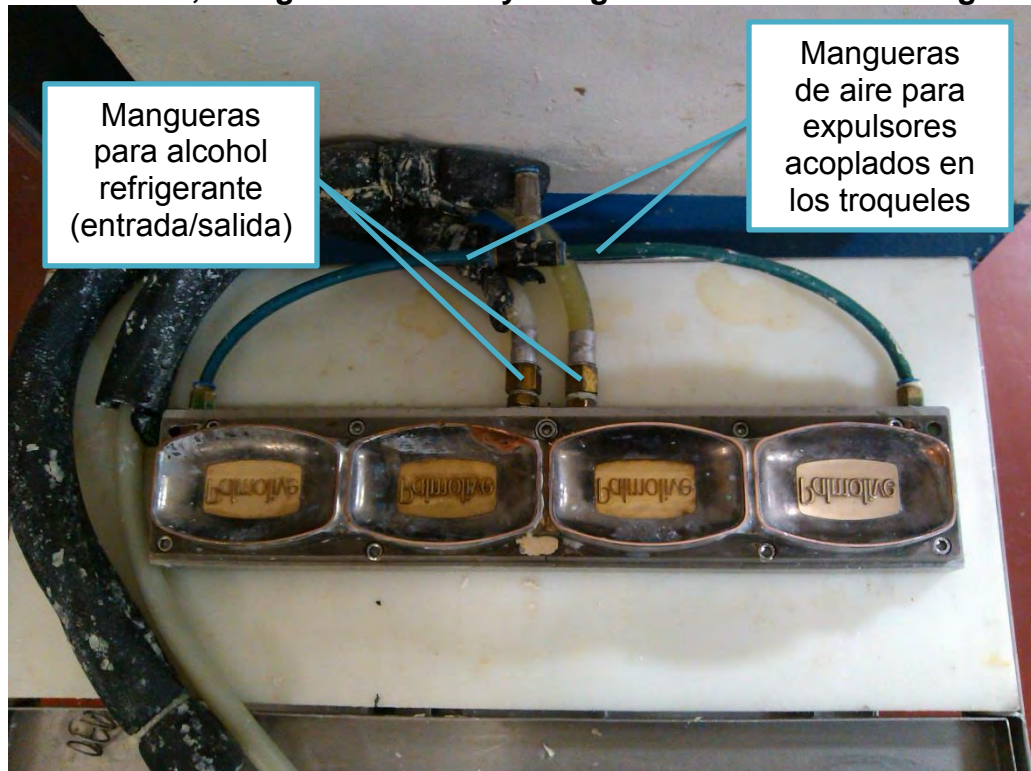


Figura 15. Dados (troqueles) parte inferior del jabón y sostenedores
Cortesía de Colgate Palmolive

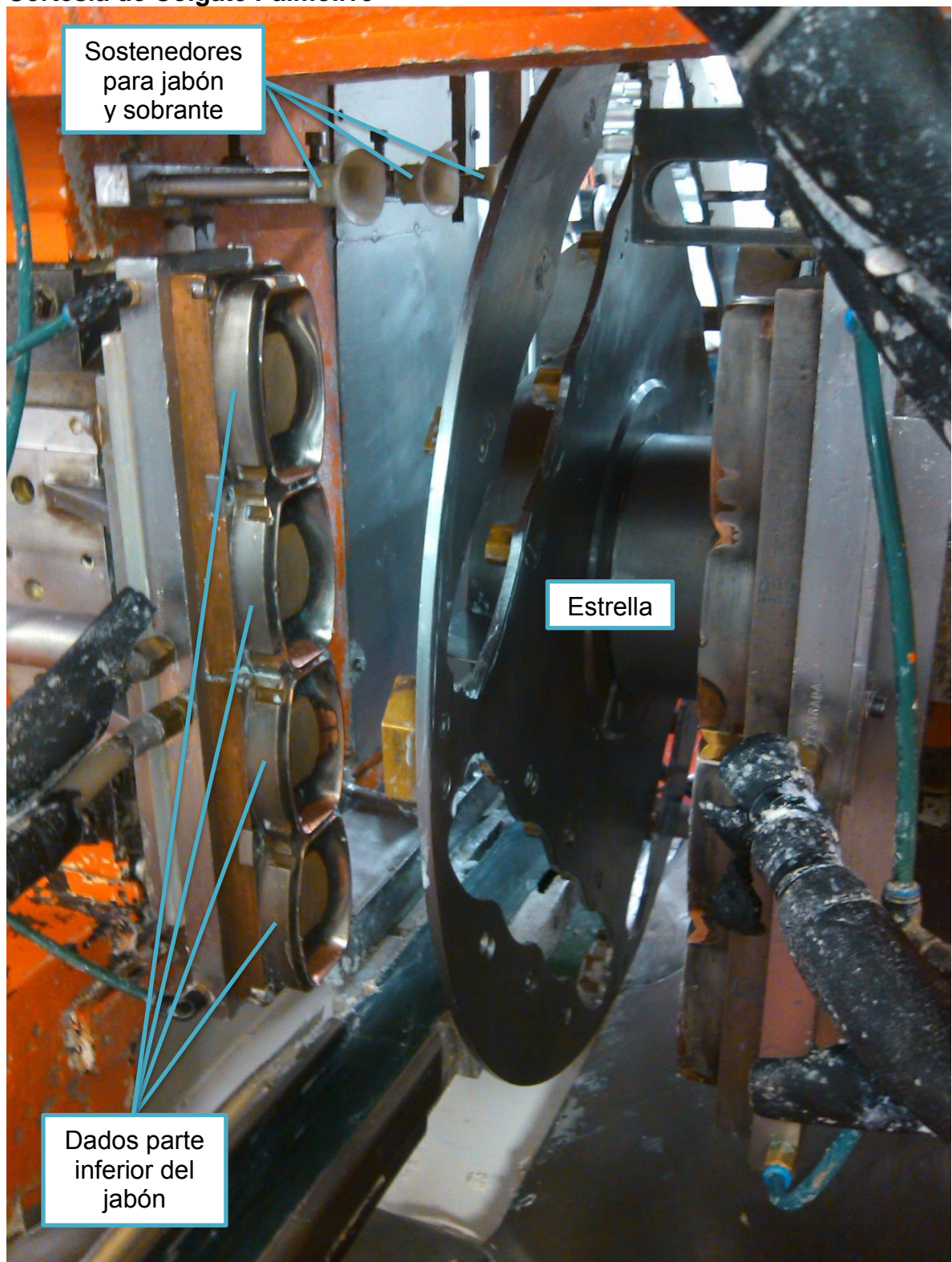


Figura 16. Dados parte superior del jabón (marcado)
Cortesía de Colgate Palmolive

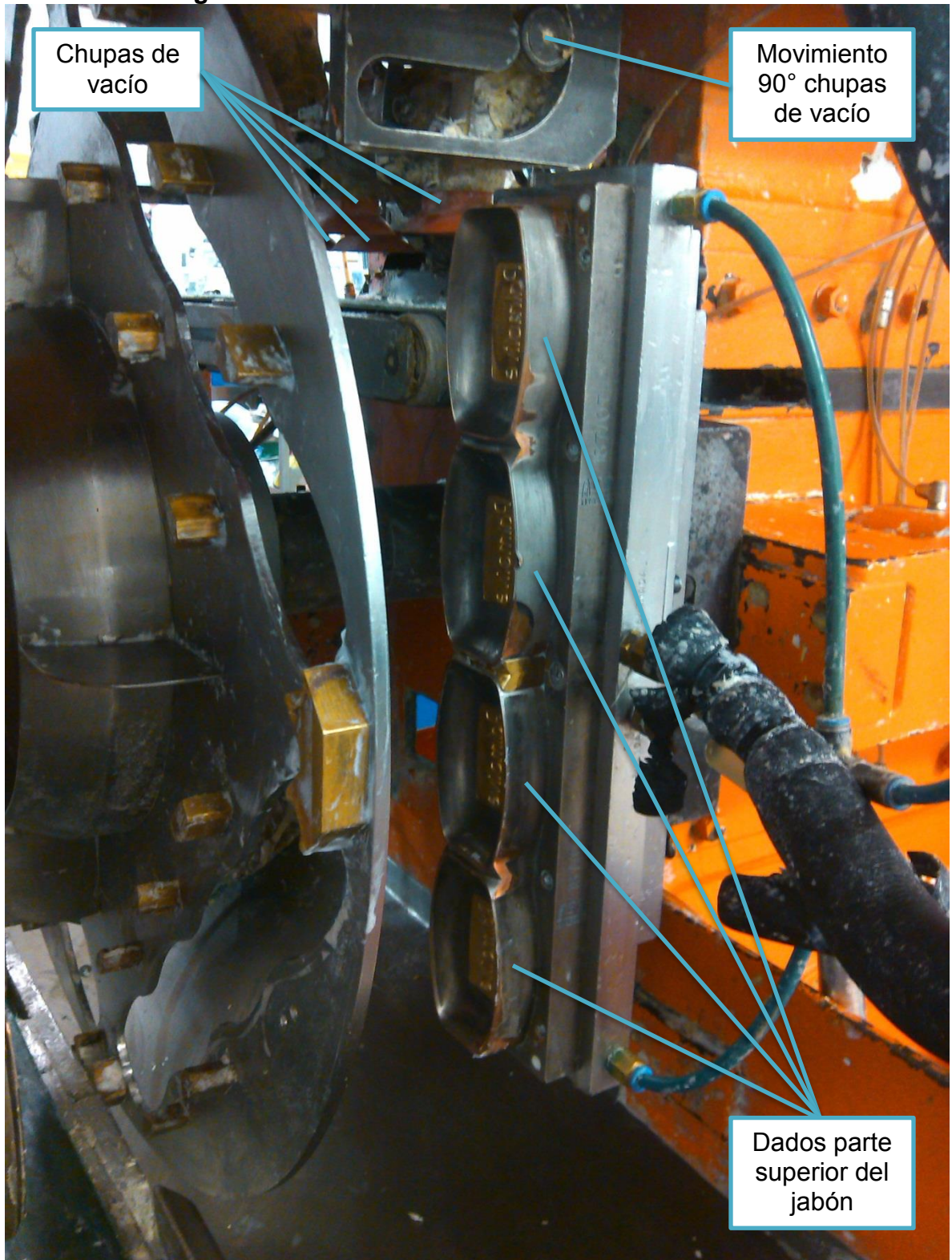


Figura 17. Transportador de recorte jabón hacia Plodder. Cortesía Colgate



Figura 18. Salida Prensadora Mazzoni N2. Cortesía de Colgate Palmolive



7.2.7. Funcionamiento de la Prensadora Mazzoni N2.

- La estrella de la Prensadora recibe el billete de jabón proveniente de la banda transportadora de entrada gracias a los pines de sujeción.
- Con el billete de jabón ubicado en los pines de sujeción, la Cruz de Malta proporciona un giro a la estrella de 90°.
- En esta posición de la estrella, el billete de jabón queda ubicado en frente de los dados (troqueles), los cuales troquelean el billete y marcan el jabón, dejando las barras de jabón troqueladas pegadas al sobrante de jabón, en este punto la estrella vuelve a girar 90°.
- En la siguiente posición de la estrella se acercan los sostenedores para jabón y sobrante que ayudan a que no se caigan mientras las chupas de vacío toman las barras de jabón para posteriormente descargarlas sobre la banda transportadora de salida de la prensadora. La estrella vuelve a girar 90° con el sobrante de jabón.
- La estrella se encuentra en la última posición antes de reiniciar el proceso, aquí es donde los tacos expulsores se acercan hacia el sobrante de jabón con las mangueras de expulsión de corona (flujo directo de aire) y empujan el sobrante de jabón para que caiga en el transportador de recorte jabón, el cual lo lleva hacia el Plodder para ser reciclado. La estrella vuelve a girar 90° y se reinicia el proceso.

7.3. ESTUDIO DE SONOMETRÍA

Después de realizar los estudios de sonometría en el entorno de la máquina, específicamente en la Prensadora Mazzoni N2 de la línea 2, se detectó como punto crítico generador de ruido en la máquina, el sistema neumático de mangueras de expulsión de corona (80 psi), las cuales se encuentran con flujo directo de aire (sin electroválvula) y presentan niveles de presión sonora reales de 99.2 dB, que ponderado en banda A es de 97.8 dB(A) (la curva de ponderación de dB(A) es la respuesta de un filtro que se aplica a medidores de nivel de sonido para representar aproximadamente como oíría el oído humano una señal)¹⁷. Véase tabla 6.

¹⁷ Definición de la Ponderación en banda A. [Citado el 8 de Febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.duiops.net/hifi/enciclopedia/ponderacion-a.htm>

Cuadro 6. Niveles de presión sonora Prensadora Mazzoni N2, línea 2

■ < 79.9 dB

Nivel Bajo

■ 80.0 – 84.9 dB

Nivel Medio

■ > 85.0 dB

Nivel Alto

PUNTO EVALUADO	NPS (A) dB(A)	NPS LIN	ANÁLISIS DE FRECUENCIA (dB(Lin))							
			63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
0.3 m, Mangueras de expulsión de corona SIN electroválvula	97.8	99.2	70.5	76.4	76.5	77.3	77.8	79.6	86.3	92.1

Como se puede observar en la tabla, los valores medidos sobrepasan en gran medida el estándar Colgate de NIOSH de 82 dB(A) y también el estándar nacional GATISO-HNIR de 85 dB(A).

Se realizó un estudio adicional de sonometría a 0.3 m de las mangueras de expulsión de corona en la Prensadora N2 ubicada en la línea 3, la cual ya tiene implementado el sistema de control de electroválvula para la conmutación del aire en dichas mangueras. Este proyecto fue implementado con el fin de lograr un ahorro en el consumo de energía neumática.

Con este estudio se pueden observar los niveles de presión sonora de la prensadora sin el sistema de control de electroválvula a comparación de la prensadora que ya tiene implementado este sistema de control, los valores de dicho estudio se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 7. Niveles de presión sonora Prensadoras de la línea 2 y línea 3

■ < 79.9 dB

Nivel Bajo

■ 80.0 – 84.9 dB

Nivel Medio

■ > 85.0 dB

Nivel Alto

PUNTO EVALUADO	NPS (A) dB(A)	NPS LIN	ANÁLISIS DE FRECUENCIA (dB(Lin))							
			63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
0.3 m, Mangueras de expulsión de corona SIN electroválvula	97.8	99.2	70.5	76.4	76.5	77.3	77.8	79.6	86.3	92.1
0.3 m, Mangueras de expulsión de corona CON electroválvula	91.4	93	70.7	78.4	77.9	77.6	76.8	77	80.3	82.9

Tomando en cuenta los valores obtenidos en el estudio se puede concluir que hay una clara reducción de 6 dB(A) observando la frecuencia de 4000 Hz en donde el oído humano es más susceptible. Esta reducción se presenta entre la prensadora de la línea 3 la cual tiene electroválvula con sistema de control a diferencia de la prensadora de la línea 2 la cual no tiene implementado este sistema de control.

7.4. GENERACIÓN DE PROPUESTA DE MEJORA

Al realizar el análisis del estudio de la máquina Prensadora, se concluye que desde el punto de vista de disminución de ruido, se debe rediseñar el sistema neumático de mangueras de expulsión de corona, debido a que es el punto que aporta los mayores niveles de presión sonora al ambiente de la planta de jabón terminado.

7.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL ESTUDIO DE LA MÁQUINA PRENSADORA MAZZONI N2

- Para minimizar el ruido de la máquina Prensadora, se debe atacar el punto crítico que genera mayor ruido en el ambiente, este punto es el sistema neumático de mangueras de expulsión de corona.

- El estudio de los aspectos eléctricos, mecánicos y de control son de vital importancia para realizar el rediseño de la máquina, debido a que permiten conocer con exactitud el punto crítico que debe ser intervenido.
- Se recomienda realizar el cambio de guardas en acrílico (actualmente instaladas) por guardas en fibra de vidrio transparente, esto con el fin de complementar el rediseño y lograr una mayor disminución de ruido gracias a las propiedades de absorción acústica que tiene este material.

8. MÉTODO DE INGENIERÍA CONCURRENTE

Para realizar el rediseño de la Prensadora Mazzoni N2 se implementó el método de ingeniería concurrente debido a su eficiencia, flexibilidad y organización, lo que permite reducir los tiempos y tener una mayor garantía de que el resultado será exitoso. Durante el desarrollo del método se identificaron las necesidades del cliente sobre la máquina gracias al aporte del gerente de salud ocupacional, el padrino de la línea 2, los mecánicos, operarios e instrumentistas que intervienen en la operación y mantenimiento de la Prensadora Mazzoni N2. Después de haber recolectado las necesidades desde la perspectiva del cliente, se plantearon las necesidades reales del proyecto para establecer las métricas que las relacionan con parámetros cuantificables. Estas sirvieron como guía para la generación de los conceptos de diseño. Después se introdujeron los datos obtenidos en la casa de la calidad (QFD: Quality Function Deployment), la cual permite llevar la “voz del cliente” a través del ciclo de desarrollo. Además, permitió analizar dichas necesidades del cliente y las especificaciones del producto.

8.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES

Para lograr plantear las necesidades, se parte de la visión de las personas que han estado en contacto con la máquina, tanto en su operación como en su mantenimiento. Además, se tienen en cuenta las necesidades que aparecen en cuanto al deterioro de la salud se refiere. Después de hacer la recolección de las necesidades del cliente, estas se reescriben para lograr una descripción de lo que el producto debe hacer, pero sin decir cómo. En la siguiente tabla se pueden observar las necesidades planteadas por el cliente y la transcripción de las mismas.

Cuadro 8. Identificación de las necesidades

No.	Planteamiento del Cliente	Planteamiento de la Necesidad
1	La máquina es muy bullosa.	El sistema disminuye los niveles de presión sonora.
2	La productividad de la máquina no se puede desmejorar.	El sistema mantiene o aumenta la productividad de la máquina.
3	El sistema debe ser seguro para las personas que tienen contacto con la máquina.	El sistema cumple con los estándares de calidad implementados en la compañía.
4	El sistema debe alimentarse con las redes provistas en la planta.	El sistema se alimenta con red eléctrica de 110 VAC y red neumática de 80 PSI.
5	Mucho desperdicio de aire para remover el sobrante de jabón.	La solución genera un ahorro energético en el sistema neumático.
6	Me gustaría replicar el sistema en las demás máquinas Prensadoras que hay en la planta.	El sistema es flexible y se acopla fácilmente a otras máquinas Prensadoras de la planta.
7	El sistema debe implementarse con los proveedores de la compañía.	El sistema se implementará con proveedores autorizados por la compañía.
8	El sistema no tendrá un costo mayor a \$10.000.000 pesos.	El sistema no tendrá un costo muy elevado.

8.2. MÉTRICAS

Las métricas se utilizan para relacionar las necesidades del cliente con parámetros cuantificables, cada métrica lleva su respectivo nombre y las unidades con que se miden, dichas unidades pueden ser valores ideales y marginales, es decir, pueden ser un valor numérico, un SI/NO, una lista o algunas de ellas que no son fáciles de traducir, se establecen de igual forma pero con unidades subjetivas. Además, se le da un valor de importancia de 1 a 5, siendo 5 el máximo nivel. Esto se hace con el fin de obtener los requerimientos para el diseño del sistema, en este caso, el rediseño de la Prensadora Mazzoni N2 de la línea 2.

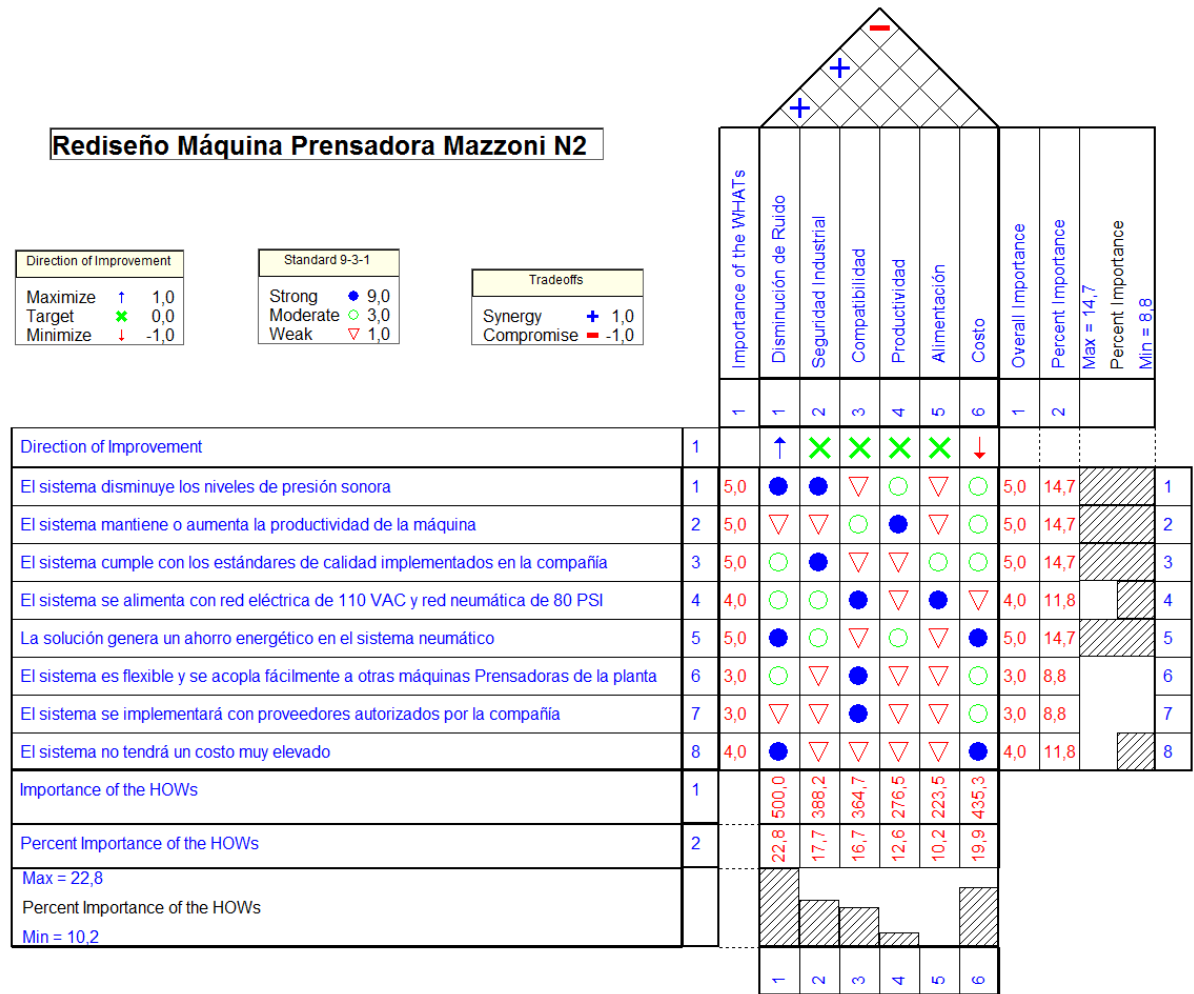
Cuadro 9. Especificaciones técnicas

No.	Planteamiento de la Necesidad	Métrica	Importancia	Unidades
1	El sistema disminuye los niveles de presión sonora.	Ruido	5	dB
2	El sistema mantiene o aumenta la productividad de la máquina.	Productividad	5	Pesos (\$)
3	El sistema cumple con los estándares de calidad implementados en la compañía.	Seguridad Industrial	5	Si/No
4	El sistema se alimenta con red eléctrica de 110 VAC y red neumática de 80 PSI.	Alimentación, Compatibilidad	4	VAC, PSI, Lista
5	La solución genera un ahorro energético en el sistema neumático.	Ruido, Costo	5	dB, Pesos (\$)
6	El sistema es flexible y se acopla fácilmente a otras máquinas Prensadoras de la planta.	Compatibilidad	3	Lista
7	El sistema se implementará con proveedores autorizados por la compañía.	Compatibilidad	3	Lista
8	El sistema no tendrá un costo muy elevado.	Costo	4	Pesos (\$)

8.3. QFD (Quality Function Deployment)

Método estructurado y disciplinado que tiene como objetivo principal asegurar que en la definición de un producto o servicio se hayan considerado las necesidades y requerimientos de los clientes mediante las métricas.

Figura 19. QFD del proyecto



Gracias al desarrollo de la casa de la calidad (QFD), se presentan las métricas más importantes a tener en cuenta para el rediseño de la Prensadora Mazzoni N2:

- Disminución de Ruido
- Seguridad Industrial
- Compatibilidad
- Costo

8.4. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

En esta etapa de diseño se procede a descomponer el problema en las funciones más notables, con el fin de clarificar el sistema. Gracias a esto es posible identificar los problemas y sub problemas de carácter crítico para el diseño de la máquina.

8.4.1. Caja negra. En esta etapa de diseño se plantea el problema de una manera general, sin tomar en cuenta el comportamiento interno del sistema, a este método se le denomina “Diagrama de caja negra”.

Se identifican las entradas y salidas que se generan en el sistema, de tal manera que se pueda descomponer en sub problemas con el fin de brindar un conocimiento más detallado, posterior a esto podemos analizar el sistema internamente mediante la descomposición funcional.

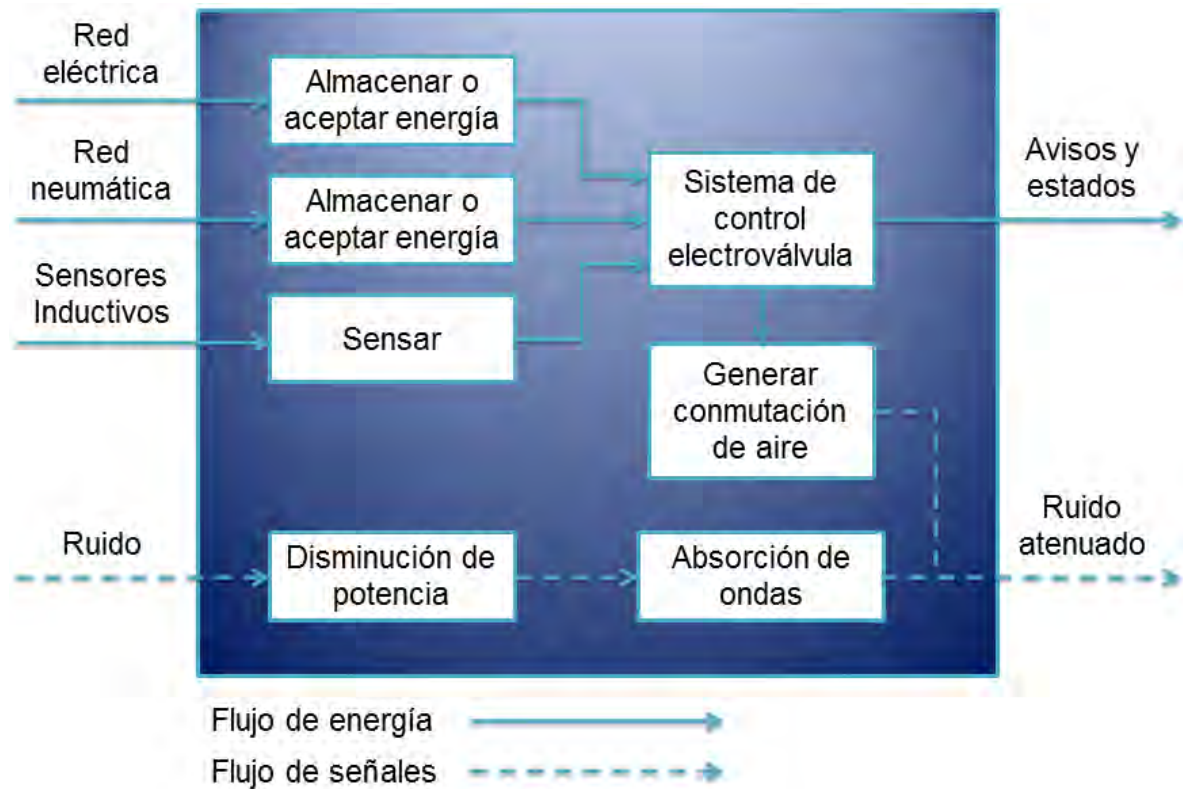
Figura 20. Caja negra.



8.4.2. Descomposición funcional. Luego de observar el diagrama de caja negra, se realiza la descomposición funcional, la cual mostrará internamente el funcionamiento del sistema mediante sub funciones que suplirán todas las tareas que el sistema deberá cumplir, sin especificar de qué manera las va a realizar.

Ahora se procede con la descomposición de tareas que se ejecutaran y la relación existente entre ellas con el fin de efectuar el propósito del sistema, además esto sirve como punto de partida para la generación de conceptos de cada una de las sub funciones para que la máquina resulte de la manera más óptima posible.

Figura 21. Descomposición funcional



8.5. DESARROLLO CONCEPTUAL

En este paso del método de ingeniería concurrente, gracias a la descomposición funcional se generan preguntas que ayudaran a generar los conceptos que harán parte del sistema.

Basándose en las sub funciones del sistema planteadas en la descomposición funcional, se plantearon dichos elementos que pueden cumplir esa función (conceptos). Una vez establecidos los conceptos se da paso a las distintas alternativas de rediseño.

8.5.1. ¿Cómo disminuir y absorber las ondas sonoras?

- Cambio de guardas en acrílico por guardas en fibra de vidrio transparente.
- Encerramiento acústico.

8.5.2. ¿Cómo mejorar la efectividad de la red neumática de la Prensadora?

- Electroválvula con temporizador electrónico regulable para mangueras de expulsión de corona.
- Electroválvula con sistema de control para mangueras de expulsión de corona.

8.6. ALTERNATIVAS DE REDISEÑO

En este punto se plantean las diferentes opciones de rediseño. Esto se llevó a cabo mediante la combinación de todos los conceptos generados para evaluar posteriormente cuál es la alternativa óptima para el cumplimiento del objetivo.

Cuadro 10. Alternativas de rediseño

Concepto	Disminuir y absorber ondas sonoras	Mejorar la efectividad de la red neumática de la Prensadora
A	Cambio de guardas en acrílico por fibra de vidrio transparente	Electroválvula temporizada
B	Cambio de guardas en acrílico por fibra de vidrio transparente	Electroválvula con sistema de control
C	Encerramiento acústico	Electroválvula temporizada
D	Encerramiento acústico	Electroválvula con sistema de control

En la tabla anterior se presentan las posibles opciones para rediseñar la Prensadora Mazzoni N2. Esto con el fin de analizar y escoger cuál de ellas es la mejor alternativa para cumplir las necesidades del cliente, no se podrán tener en cuenta todas las alternativas, puesto que algunas no serán viables para el correcto desarrollo del sistema.

Los conceptos fueron generados a partir de la descomposición funcional del sistema, a partir de aquí se realizará el análisis conveniente, para poder determinar cuál es la combinación de conceptos que mejor se ajusta a las necesidades del cliente.

8.7. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

Este paso del método de ingeniería concurrente consiste en realizar una matriz para el tamizaje de conceptos, en la cual se relacionan las variantes de diseño con los criterios de selección y gracias a su clasificación se escogerá la combinación de conceptos más apropiada para realizar satisfactoriamente el proyecto.

8.7.1. Matriz para el tamizaje de conceptos. Para la selección se designará la siguiente nomenclatura:

Tamizaje

+: *Mejor que...*

0: *Igual a...*

-: *Peor que...*

Evaluación

1: *Mucho peor que...*

2: *Peor que...*

3: *Igual que...*

4: *Mejor que...*

5: *Mucho mejor que...*

Cuadro 11. Matriz para tamizaje de conceptos

Criterio de Selección	Variantes de Conceptos			
	A	B	C	D
Disminución de ruido	+	+	+	+
Seguridad industrial	+	+	+	+
Compatibilidad	-	+	-	-
Productividad	0	0	0	0
Menor costo	+	+	-	-
Positivos	3	4	2	2
Iguales	1	1	1	1
Negativos	1	0	2	2
TOTAL	2	4	0	0
Orden	2	1	3	3
¿Continuar?	SI	SI	NO	NO

De la matriz para el tamizaje de conceptos (ver tabla 6), se eliminan los conceptos C y D debido a que al realizar un encerramiento acústico se exceden los costos previstos para el proyecto y no se cuenta con el espacio suficiente en las líneas para llevarse a cabo, resultando como las mejores alternativas de solución la combinación de conceptos A y B.

8.7.2. Evaluación de conceptos. Tomando como base las ideas determinadas como las más viables para desarrollar el rediseño de la máquina Prensadora Mazzoni N2, se procede a ponderar los criterios de selección de acuerdo a las necesidades del cliente, esto se hace para darle una puntuación entre 1 y 5 a cada una de las ideas seleccionadas, en este caso A y B, finalmente se determinará cuál es la mejor opción para el desarrollo del proyecto.

Lo primero que se debe realizar es la ponderación de los criterios de selección, esta se realiza para determinar qué tan importante es cada criterio, para ello se realiza un método que consiste realizar una tabla y hacer una comparación entre todos los criterios. Su nivel de importancia será porcentual.

Para la ponderación de los criterios (ver tabla 7), no se tuvo en cuenta el criterio Productividad, ya que todos los conceptos tienen la misma calificación en este punto (ver tabla 6), esto se debe a que ningún concepto interviene con el funcionamiento de la maquina por lo que la productividad no se verá afectada.

Cuadro 12. Ponderación de los criterios de selección

No.	Criterio de Selección	1	2	3	4	5	Puntuación	Ponderación
1	Disminución de ruido	+	+	+	+	+	5	31.25%
2	Seguridad industrial	+	+	0	+	+	4	25%
3	Compatibilidad	+	+	+	0	+	4	25%
4	Menor costo	0	+	0	+	+	3	18.75%
TOTAL							16	100%

Cuadro 13. Matriz para evaluar conceptos

No.	Criterio de Selección	Ponderación	A		B	
			Nota	C.P.	Nota	C.P.
1	Disminución de ruido	31.25%	5	1.56	5	1.56
2	Seguridad industrial	25%	4	1.0	4.5	1.12
3	Compatibilidad	25%	3	0.75	5	1.25
4	Menor costo	18.75%	4.5	0.84	4.0	0.75
TOTAL				4.15		4.68
¿Continuar?				NO		SI

Gracias a la matriz para evaluar conceptos (ver tabla 8), se logró encontrar la mejor alternativa de solución para reducir el ruido en la Prensadora Mazzoni N2. Dicha alternativa es la B, la cual fue seleccionada principalmente por su alta calificación en el criterio de Compatibilidad, ya que los sensores inductivos del sistema de control de electroválvula permiten reconocer cuál es el ciclo en el que se encuentra la máquina, lo que hace que esta solución (alternativa B) sea mucho más compatible que la solución que tiene la electroválvula con temporizador electrónico (alternativa A). Además, cumple con el objetivo primario de reducir los niveles de presión sonora generados por la maquina a cabalidad.

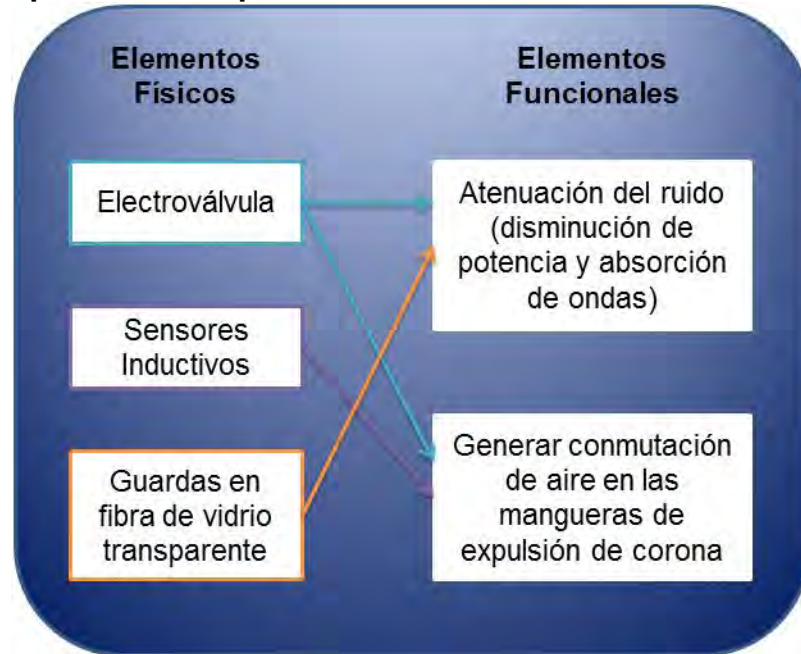
8.8. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

Una vez seleccionada la mejor alternativa de solución para el rediseño de la máquina Prensadora Mazzoni N2, se procede a realizar la arquitectura del producto que en este caso consiste en la implementación de un sistema de control de electroválvula para las mangueras de expulsión de corona y el cambio de guardas en acrílico por guardas en fibra de vidrio transparente.

Esta arquitectura, es la representación de un arreglo de conjuntos físicos y elementos funcionales que constituirán los elementos básicos que deberá poseer el sistema. Además se realiza el análisis de sus interacciones.

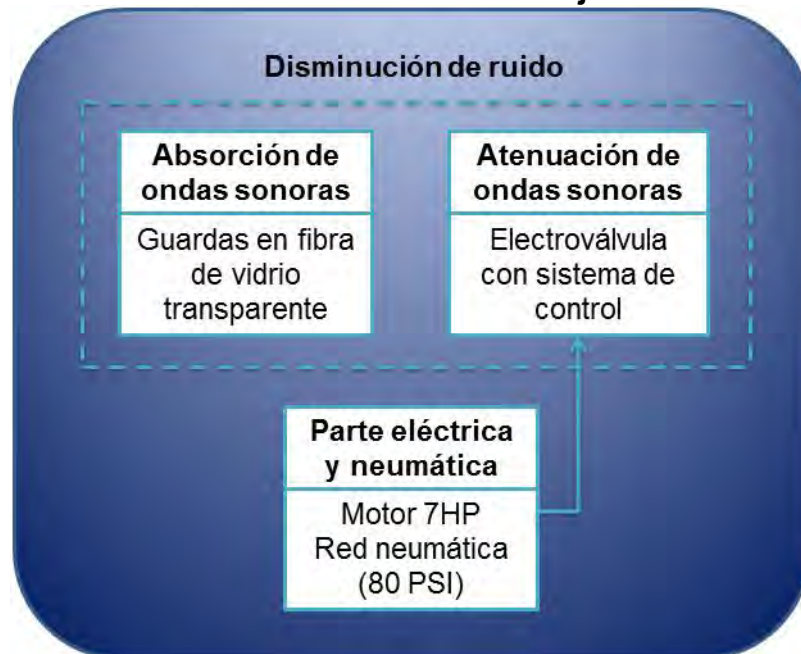
Para brindarle al usuario unas mejores opciones de mantenimiento, reparación, limpieza y mejoramientos del sistema, se considera conveniente la utilización de una arquitectura tipo modular.

Figura 22. Arquitectura del producto



8.9. INTERACCIONES FUNDAMENTALES ENTRE CONJUNTOS

Figura 23. Interacciones fundamentales entre conjuntos



En la interacción entre conjuntos (ver Figura 5), se puede observar como la red eléctrica y neumática proveen la energía necesaria para poner en funcionamiento la Prensadora y la electroválvula con el sistema de control para las mangueras de expulsión de corona. Además, se tienen que tanto las guardas en fibra de vidrio transparente como la electroválvula con sistema de control aportan a la disminución del ruido aunque no existe una interacción directa entre estos.

8.10. PROTOTIPADO

La etapa de prototipado del método de ingeniería concurrente es una de las etapas más importantes, debido a que se da a conocer la apariencia del producto, es decir, es una aproximación al producto.

Figura 24. Prototipo a desarrollar



En la Figura 24 se observa que se va a realizar un prototipo analítico-parcial por medio de la creación de un modelo 3D en el cual se podrá apreciar el funcionamiento de la Prensadora, específicamente en el proceso de expulsión de sobrante de jabón, proceso en el cual se va a enfocar una de las soluciones. Al finalizar la etapa de prototipado se podrá observar la apariencia final del sistema.

8.10.1. Consideraciones del rediseño. Gracias al software SolidWorks y sus herramientas de diseño CAD, se realiza la simulación del modelo 3D del sistema de disminución de ruido para la máquina Prensadora Mazzoni N2, con el fin de reducir el ruido generado que actualmente se presenta.

El rediseño del sistema se compone de dos soluciones, la primera está enfocada en la red neumática de la Prensadora, específicamente en las mangueras de expulsión de corona. La segunda solución pretende atacar la fuente de ruido mediante el cambio de guardas en acrílico por guardas en fibra de vidrio transparente. Las partes implicadas que existen actualmente en el sistema son:

- Electroválvula.
- Sensores Inductivos.
- Contactores, relés y cableado.
- Guarda frontal, posterior y lateral (fibra de vidrio transparente).

En la primera solución, el sistema pretende cambiar el paso de aire directo en las mangueras de expulsión de corona por una conmutación de aire en dichas mangueras, las cuales solo se activan cuando los expulsores se acercan al sobrante de jabón, el cual es llevado mediante una banda transportadora hacia el Plodder para ser reciclado.

En la segunda solución se realiza el cambio de guardas en acrílico por guardas en fibra de vidrio transparente para que los operarios que intervienen con la prensadora puedan seguir monitoreando lo que sucede al interior de la misma. Estas dos soluciones atenúan efectivamente el ruido generado por la máquina debido a la conmutación de aire en las mangueras de expulsión de corona y al buen coeficiente de absorción de la fibra de vidrio transparente.

8.11. REDISEÑO PRENSADORA MAZZONI N2

Considerando la problemática y los estudios realizados, se plantean dos soluciones con las que se pretende disminuir los altos niveles de presión sonora generados por la Prensadora ubicada en la línea 2. Además se espera que estas soluciones puedan ser replicadas en las demás prensadoras, teniendo en cuenta las variaciones mínimas que se presentan en cada una de ellas para lograr una reducción significativa en los niveles de presión sonora para toda la planta de jabón terminado.

8.11.1 Electroválvula con sistema de control para mangueras de expulsión de corona. Se propone implementar un sistema de control de electroválvula mediante el uso de 4 sensores inductivos telemecanique (sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos) que van a estar ubicados y sincronizados en frente de levas dispuestas en una extensión del eje del motor de 7 caballos a 440VAC. Véase Figura 25.

Figura 25. Simulación estrella, expulsores de corona y electroválvula

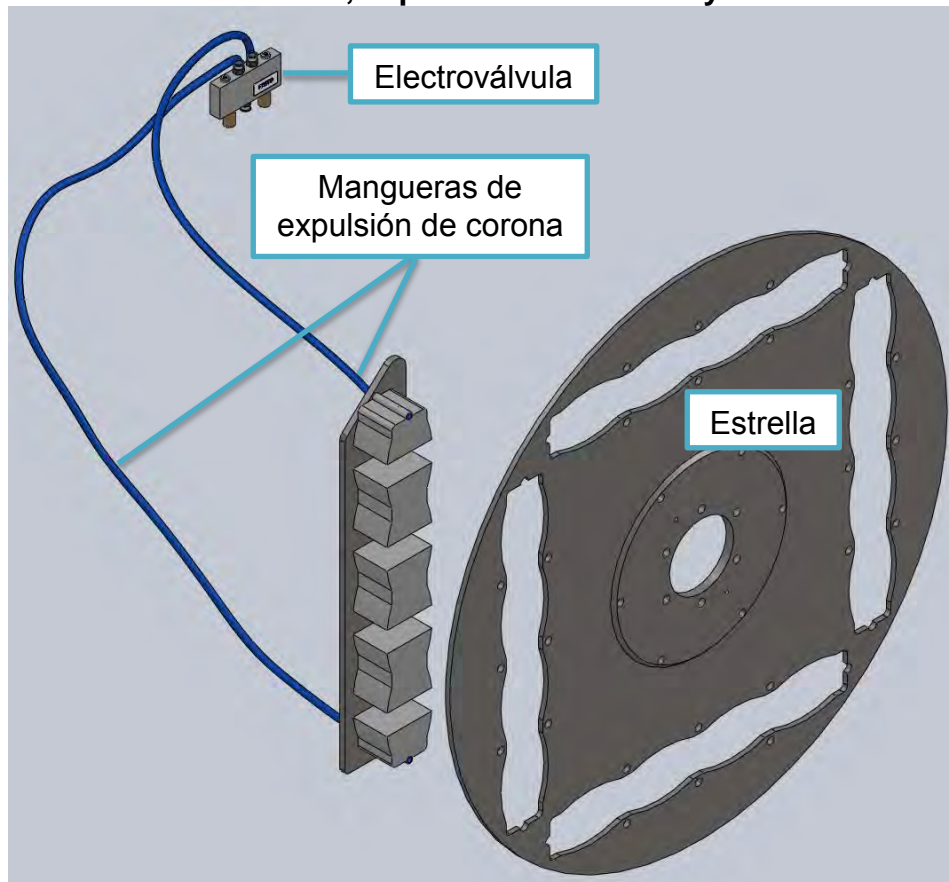
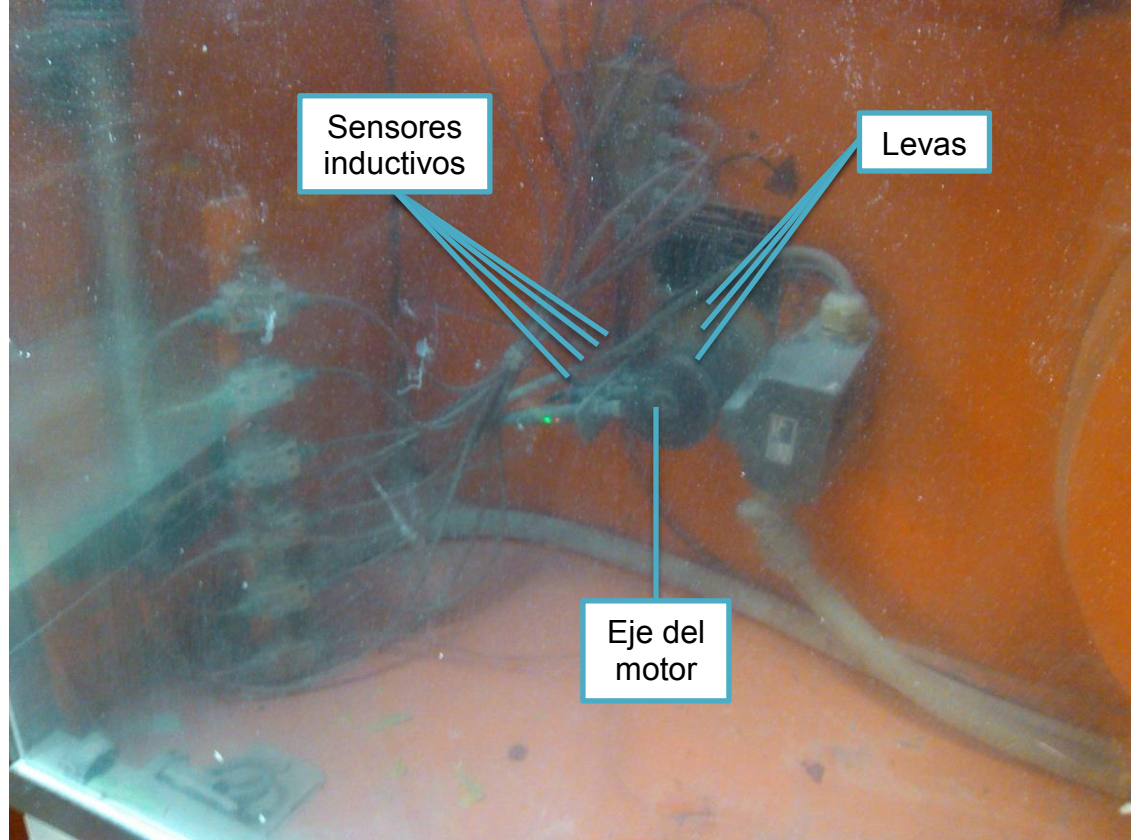


Figura 26. Sensores inductivos telemecanique y levas Prensadora línea 3



La disposición y el tamaño de las levas permiten a los sensores inductivos reconocer cual es el ciclo en el que se encuentra la máquina, posteriormente, los sensores envían una señal eléctrica a la electroválvula la cual se encarga de transformarla en una actuación neumática, generando de esta manera la conmutación del aire en las mangueras de expulsión de corona.

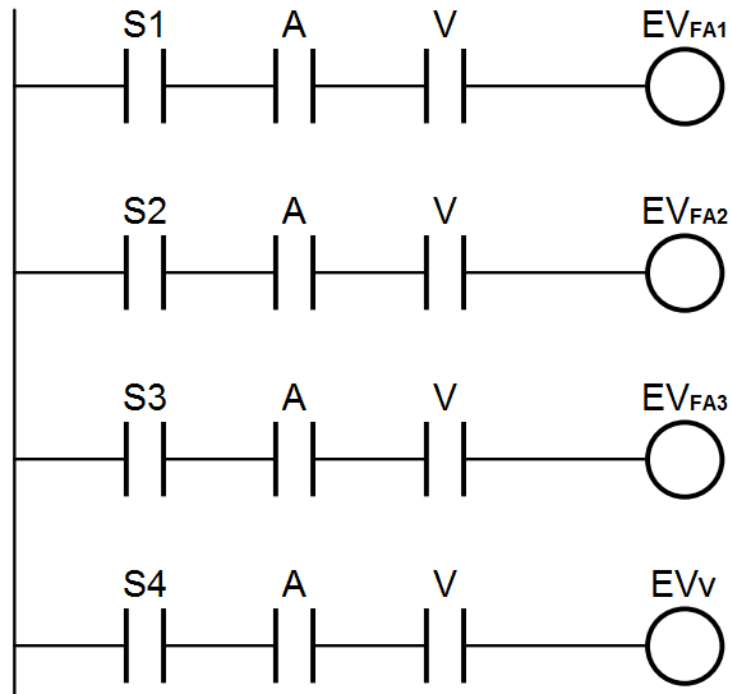
Con esta propuesta no solo se reducen los niveles de presión sonora generados por el paso directo de aire, sino que también se eliminan las pérdidas innecesarias de aire debido a la conmutación que se genera por la implementación del lazo de control entre los sensores inductivos y la electroválvula; todo esto a su vez se traduce en un ahorro de dinero por parte de Colgate Palmolive.

Se espera que después de implementada esta solución se obtenga una disminución en los niveles de presión sonora de 6 dB(A).

8.11.2. Estrategia de control (ladder). La estrategia de control se diseñó en LADDER puesto que es un lenguaje de programación muy sencillo que está basado en los esquemas eléctricos de control clásico.

- **S1, S2, S3, S4:** sensores Inductivos Telemecanique.
- **A:** arranque de la Prensadora.
- **V:** vacío (OFF/ON).
- **EV_{FA1}:** electroválvula para controlar flujo de aire en las mangueras de expulsión de corona.
- **EV_{FA2}:** electroválvula para controlar flujo de aire en expulsores acoplados en los troqueles (parte superior del jabón).
- **EV_{FA3}:** electroválvula para controlar flujo de aire en expulsores acoplados en los troqueles (parte inferior del jabón).
- **EV_v:** electroválvula para controlar paso de vacío en las chupas.

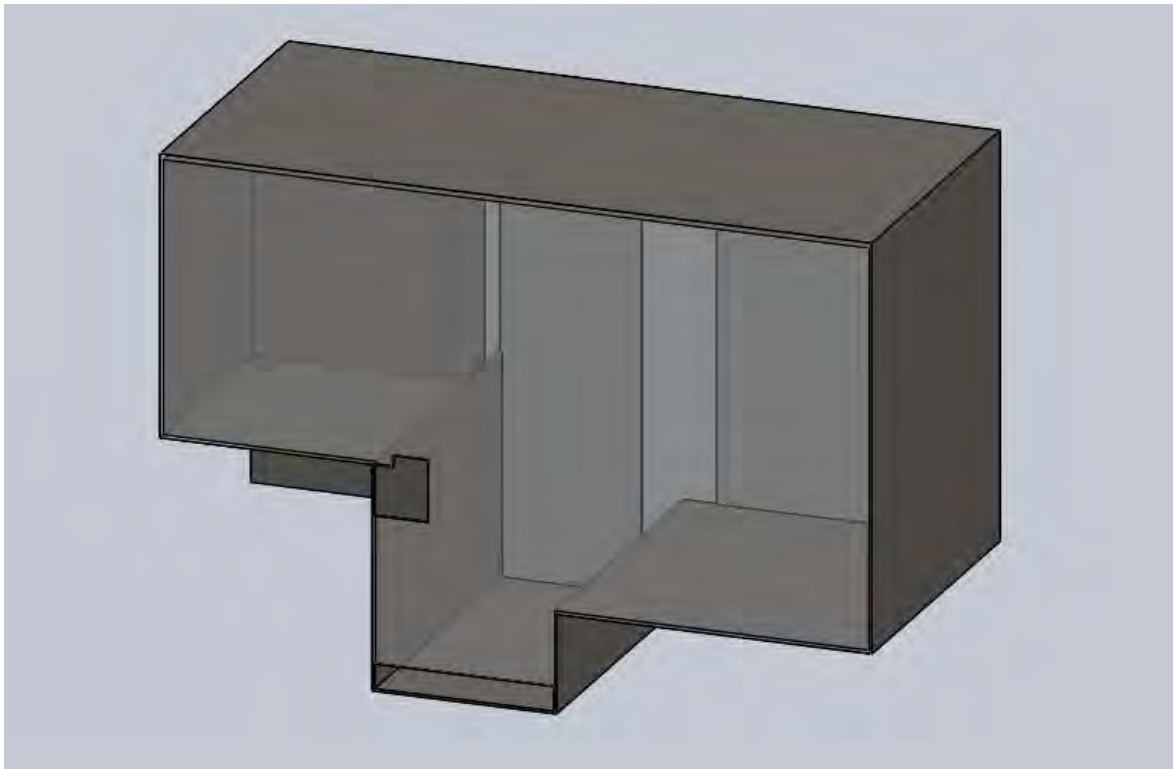
Figura 27. Estrategia de control para electroválvula (ladder)



8.11.3. Cambio de guardas en acrílico por guardas en fibra de vidrio transparente. La solución consiste en realizar el cambio de guardas en acrílico (actualmente instaladas) por guardas en fibra de vidrio transparente para evitar que el ruido que se produce al interior de la máquina se propague fácilmente hacia el exterior. Las dimensiones y espesor de las guardas son:

- 1 guarda lateral: (89 X 77 cm)
- 2 guardas frontales: (158 X 65 cm) - (126 X 89 cm)
- 3 guardas posteriores: (126 X 89 cm) - (103 X 58 cm) - (87 X 70 cm)
- Espesor de las guardas: 10mm

Figura 28. Simulación encerramiento Prensa (fibra de vidrio transparente)



Este cambio permite que haya reverberación debido a las propiedades de absorción acústica que posee la fibra de vidrio transparente, lo que significa que se producirá una considerable atenuación del ruido producido por la máquina.

8.12. DISEÑO PARA MANUFACTURA

El diseño para la manufactura es una etapa muy importante durante el desarrollo del rediseño, debido a que el costo de los componentes y su calidad aseguran el éxito del proyecto.

Partiendo de los prototipos virtuales (SolidWorks) realizados de las dimensiones y espesor de las guardas (10mm), se cotizaron dichas guardas en fibra de vidrio transparente y cada uno de los componentes necesarios para llevar a cabo el sistema de control de electroválvula para mangueras de expulsión de corona. Para garantizar buenos costos y calidad de los componentes se realiza la cotización con los proveedores que maneja Colgate Palmolive actualmente.

8.12.1. Costo total del proyecto.

Cuadro 14. Costo total componentes para el proyecto

Costo total componentes				
ítem	Descripción componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Sensores inductivos telemecanique	4	160000	640000
2	Relés	6	5000	30000
3	Contactores	8	5000	40000
4	Cables	40 m	2000	80000
5	Guarda lateral en fibra de vidrio transparente	1	139200	139200
6	Guardas frontales en fibra de vidrio transparente	2	139200	278400
7	Guardas posteriores en fibra de vidrio transparente	4	139200	556800
TOTAL				\$ 1764400

Cuadro 15. Costo total mano de obra para el proyecto

Mano de obra				
ítem	Descripción	Horas	Costo hora	Total
1	Instalación de componentes mecánicos	24	7817	187608
2	Instalación de componentes eléctricos	20	11496	229920
3	Cableado	12	10925	131100
4	Instalación guardas en fibra de vidrio transparente	8	7817	62536
TOTAL				\$ 611164

Costo total del proyecto = \$2.375.564 pesos

Las cotizaciones presentadas se realizaron con los proveedores directos de Colgate Palmolive, gracias a esto los precios fueron propicios y la calidad de los componentes es garantizada. En el ANEXO II y ANEXO III se observan las cotizaciones y los proveedores.

La implementación del proyecto se desarrolla directamente en la empresa, con la mano de obra de sus empleados y/o contratistas. El proyecto tiene un costo accesible para la empresa, teniendo en cuenta todos los beneficios que produce.

8.13. CONCLUSIONES DEL METODO DE INGENIERÍA CONCURRENTE

- La aplicación del método de ingeniería concurrente permitió cumplir con el objetivo principal del proyecto gracias al correcto análisis de la situación problema y de la máquina Prensadora Mazzoni N2 en su funcionamiento eléctrico, mecánico y de control; debido a esto se logró proponer una solución efectiva que cumplió con los principales criterios y requerimientos de este proyecto.
- Los criterios más importantes que se tuvieron en cuenta para obtener la solución que mejor satisface las necesidades del cliente fueron: disminución de ruido, seguridad industrial, compatibilidad y bajo costo.
- El estudio de la máquina Prensadora Mazzoni N2 y especialmente el estudio de sonometría permitió establecer que para lograr el objetivo del proyecto debía atacarse el punto crítico generador de ruido que fue identificado en el sistema neumático de mangueras de expulsión de corona; dicha solución se

complementó con el cambio de guardas en acrílico por guardas en fibra de vidrio transparente, logrando una mayor disminución del ruido producido por la máquina debido al buen coeficiente de absorción acústica que posee la fibra.

- La utilización de herramientas CAD como SolidWorks fue de vital importancia en el prototipado, debido a que fue posible crear un modelo 3D con dimensiones exactas y gracias a los planos detallados que se generaron, se pudo cotizar la manufactura y obtener los costos reales del proyecto.

9. ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO DEL RESULTADO DEL PROYECTO

En el análisis económico-financiero se presentan los beneficios generados a la empresa Colgate Palmolive de forma cualitativa y cuantitativa.

9.1. BENEFICIOS DEL PROYECTO

Gracias al proyecto de mejora de la máquina Prensadora Mazzoni N2 se lograron cuatro puntos benéficos para la empresa Colgate Palmolive, el principal beneficio es la disminución de ruido, pero también se lograron mejoras secundarias como la aplicación del proyecto a cualquier prensadora N2, la salud de los trabajadores y ahorros monetarios, a continuación se detallan cada uno de estos puntos:

9.1.1. Disminución de los niveles de presión sonora. Gracias al proyecto, los operarios que intervienen en la operación de la Prensadora, percibirán menos ruido por parte de dicha máquina, el cual es producido en mayor medida por el sistema neumático de mangueras de expulsión de corona. Con la implementación del sistema de control de electroválvula se obtiene una disminución en los niveles de presión sonora de 6 dB(A) en la frecuencia de 4000 Hz como se había expuesto anteriormente en la Tabla 7.

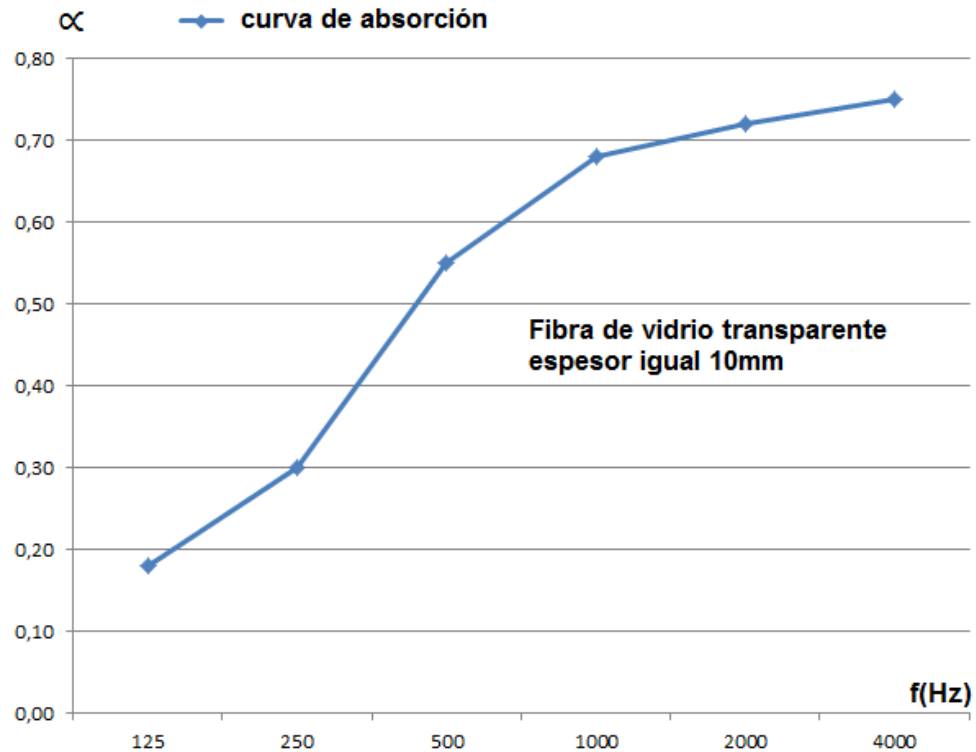
Además, con el cambio de guardas en acrílico por guardas en fibra de vidrio transparente se ataca directamente la fuente de ruido. El ruido es atenuado debido a las propiedades de absorción acústica características de la fibra de vidrio transparente.

A continuación se presentan los coeficientes de absorción acústica de la fibra de vidrio transparente en sus diferentes bandas de frecuencia y espesores, también se presenta la curva de absorción acústica de dicho material con espesor 10mm:

Cuadro 16. Coeficientes de absorción acústica fibra de vidrio transparente

	Coeficientes de absorción acústica f(Hz)					
Fibra de vidrio transparente	125	250	500	1000	2000	4000
de 50mm	0,25	0,45	0,70	0,80	0,85	0,85
de 25mm	0,20	0,40	0,65	0,75	0,78	0,80
de 10mm	0,18	0,30	0,55	0,68	0,72	0,75

Figura 29. Curva de absorción acústica fibra de vidrio transparente (10mm)



Actualmente la máquina Prensadora Mazzoni N2 ubicada en la línea 2 presenta 86.3 dB(A), los cuales se reducen a 80.3 dB(A) mediante la implementación de la electroválvula con sistema de control; se espera entonces que con la instalación de las guardas en fibra de vidrio transparente se obtenga de manera teórica una disminución adicional de 3 dB(A) calculada a partir de los coeficientes de absorción del material, dejando a la Prensadora con niveles de presión sonora de 77.3 dB(A), logrando una disminución total de 9 dB(A). Es una cifra significativa teniendo en cuenta que el requerimiento por parte de Colgate fue de 5 dB(A).

9.1.2. Aplicación del proyecto a cualquier Prensadora Mazzoni N2. Este proyecto se puede replicar en las demás Prensadoras Mazzoni N2 de las diferentes líneas de la planta de jabón terminado porque todas las prensadoras cuentan con el mismo sistema de mangueras de expulsión de corona con flujo directo de aire (sin conmutación). Si el proyecto se llega a replicar, se lograría una disminución aún más significativa en los niveles de presión sonora, ya que se eliminaría en gran medida el ruido de fondo.

9.1.3. Salud. La exposición a altos niveles de presión sonora representa un riesgo constante que a largo plazo puede generar hipoacusia sensorial (pérdida de audición), además de enfermedades cardio-vasculares, estrés, entre otras. Teniendo en cuenta que la compañía debe cumplir con la legislación nacional e internacional realizando diferentes controles como de vigilancia epidemiológica, controles en la fuente y en el medio, se pretende que mediante la implementación de este proyecto haya una disminución significativa de los niveles de presión sonora en la máquina, que actualmente están afectando a un gran número de trabajadores (aproximadamente 55 operarios), generando de esta manera un ambiente de trabajo más saludable y a su vez protegiendo la integridad física de los trabajadores.

También se pretende disminuir notablemente los casos por enfermedades relacionadas con hipoacusia sensorial a largo plazo, lo que implica un mejoramiento en la calidad de vida y en el bienestar de los trabajadores; además se disminuirían los problemas que produce la exposición a altos niveles de presión sonora a corto plazo como lo son el estrés laboral, fatiga y efectos negativos en el sistema nervioso, lo que mejoraría la eficiencia de los trabajadores en sus ambientes laborales.

9.1.4. Ahorros. Además de disminuir los niveles de ruido, se presentan ahorros energéticos en el sistema neumático, debido a la implementación del lazo de control con electroválvula, el cual permite la conmutación del aire en las mangueras de expulsión de corona y a su vez se extiende el tiempo de vida útil de las mangueras.

El ahorro energético se calcula teniendo en cuenta el número de boquillas que son 2, la presión en el punto de fuga que es de 80 psi, el diámetro del orificio de las boquillas que son 8mm y que para este cálculo se va a usar un diámetro de 6.35mm por ser el valor más cercano a la hora de usar la siguiente tabla:

Figura 30. Caudal en punto de fuga (CFM). Cortesía de Colgate Palmolive

Presión psi	DIAMETRO DEL ORIFICIO										pul mm
	1/32	1/16	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	
	0.79	1.59	3.18	6.35	9.53	12.7	15.88	19.05	22.23	25.4	mm
PIES CUBICOS POR MINUTO DE SALIDA DE AIRE											
1	0.11	0.45	1.80	7.18	16.20	28.70	45.00	64.70	88.10	115.00	
2	0.16	0.63	2.53	10.10	22.80	40.50	63.30	91.20	124.00	162.00	
3	0.19	0.76	3.10	12.40	27.80	49.50	77.50	111.00	152.00	198.00	
4	0.22	0.89	3.56	14.30	32.10	57.00	89.20	128.00	175.00	228.00	
5	0.25	0.99	3.97	15.90	35.70	63.50	99.30	143.00	195.00	254.00	
6	0.27	1.09	4.34	17.40	39.10	69.50	109.00	156.00	213.00	278.00	
7	0.29	1.17	4.68	18.70	42.20	75.00	117.00	168.00	230.00	300.00	
9	0.31	1.32	5.30	21.20	47.70	84.70	132.00	191.00	260.00	339.00	
12	0.38	1.52	6.07	24.30	54.60	97.00	152.00	218.00	297.00	388.00	
15	0.42	1.68	6.72	26.90	60.50	108.00	168.00	242.00	329.00	430.00	
20	0.49	1.96	7.86	31.40	70.70	126.00	196.00	283.00	385.00	503.00	
25	0.56	2.25	8.91	35.90	80.90	144.00	225.00	323.00	440.00	575.00	
30	0.63	2.53	10.10	40.50	91.10	162.00	253.00	365.00	496.00	648.00	
35	0.70	2.81	11.30	45.00	101.00	180.00	281.00	405.00	551.00	720.00	
40	0.77	3.10	12.40	49.60	112.00	198.00	310.00	446.00	607.00	793.00	
45	0.85	3.38	13.50	54.10	122.00	216.00	338.00	487.00	662.00	865.00	
50	0.91	3.66	14.70	58.60	132.00	235.00	366.00	528.00	718.00	938.00	
60	1.06	4.23	16.90	67.60	152.00	271.00	423.00	609.00	828.00	1082.00	
70	1.20	4.79	19.20	76.70	173.00	307.00	479.00	690.00	939.00	1227.00	
80	1.34	5.36	21.40	85.70	193.00	343.00	536.00	771.00	1050.00	1371.00	
90	1.48	5.92	23.70	94.80	213.00	379.00	592.00	853.00	1161.00	1516.00	
100	1.62	6.49	26.00	104.00	234.00	415.00	649.00	934.00	1272.00	1661.00	
110	1.76	7.05	28.20	113.00	254.00	452.00	705.00	1016.00	1383.00	1806.00	
120	1.91	7.62	30.50	122.00	274.00	488.00	762.00	1097.00	1494.00	1951.00	
125	1.98	7.90	31.60	126.00	284.00	506.00	790.00	1138.00	1549.00	2023.00	
150	2.37	9.45	37.50	150.00	338.00	600.00	910.00	1315.00	1789.00	2338.00	
200	3.10	12.35	49.00	196.00	441.00	784.00	1225.00	1764.00	2401.00	3136.00	
250	3.80	15.18	60.30	241.00	541.00	964.00	1508.00	2169.00	2952.00	3856.00	
300	4.88	18.08	71.30	287.00	646.00	1148.00	1795.00	2583.00	3515.00	4592.00	
400	5.98	23.81	94.50	378.00	851.00	1512.00	2360.00	3402.00	4630.00	6048.00	
500	7.41	29.55	117.30	469.00	1055.00	1876.00	2930.00	4221.00	5745.00	7504.00	

Eligiendo por conveniencia para el cálculo el diámetro del orificio más cercano a 8mm que es el de 1/4" o de 6.35mm y teniendo en cuenta la presión en punto de fuga de 80 psi, hallamos en la tabla el valor del caudal en punto de fuga, dato muy importante para calcular la Potencia utilizada (KWH) como se puede observar en las siguientes formulas y tablas:

Potencia utilizada (KWH) = Eficiencia * Caudal en punto de fuga (CFM).

Potencia utilizada mes (KWH/Mes) = Potencia utilizada * Horas Operación M.

Costo COP (mes) = (KWH (\$) * Numero de Boquillas * Potencia utilizada mes * Factor de operación compresores).

Precio del Dólar = 1898,8 pesos.

Cuadro 17. Promedio consumo compresores nuevos 100 PSI
Cortesía de Colgate Palmolive

PROMEDIO CONSUMO COMPRESORES nuevos 100 PSI	
Compresores 100 PSI (KWH)	297
Flujo Aire Total (CFM)	2.500
Flujo Aire en uso (CFM)	1.500
Eficiencia (KW/CFM)	0,18
Secadoras	39
Total C KWH	336

Cuadro 18. Costos mensuales energía neumática Prensadora línea 2

PRENSADORA MAZZONI N2 SIN ELECTROVÁLVULA	
KWH (\$)	\$235,00
Diámetro orificio	1/4" - 6,35mm
Numero de boquillas	2
Presión en punto de fuga (PSI)	80
Caudal en punto de fuga (CFM)	85,70
Potencia utilizada (KWH)	15,426
Potencia utilizada al mes (KWH / mes)	9.255,6
Horas Operación Mes	600
Factor de operación compresores	61%
Costo COP (mensualmente)	\$2.653.580,52
USD (monthly)	\$1.397,50

El tiempo en el que las mangueras de expulsión de corona permanecen activas en la prensadora N2 sin electroválvula es igual a las horas de operación de la máquina durante un mes como se observa en la tabla anterior. Ahora, cuando se implementa el lazo de control con electroválvula, este tiempo disminuye conforme a la conmutación de flujo de aire dada por la misma; dicho esto, se calculan de nuevo los costos mensuales de energía neumática para la prensadora N2 con electroválvula, donde solamente se efectúa una modificación en las horas de operación durante un mes.

Cuadro 19. Costos mensuales energía neumática Prensadora línea 3

PRENSADORA MAZZONI N2 CON ELECTROVÁLVULA	
KWH (\$)	\$235,00
Diámetro orificio	1/4" - 6,35mm
Numero de boquillas	2
Presión en punto de fuga (PSI)	80
Caudal en punto de fuga (CFM)	85,70
Potencia utilizada (KWH)	\$ 15,43
Potencia utilizada al mes (KWH / mes)	4.072,5
Horas operación mes	264
Factor de operación compresores	61%
Costo COP (mensualmente)	\$1.167.575,43
USD (monthly)	\$614,90

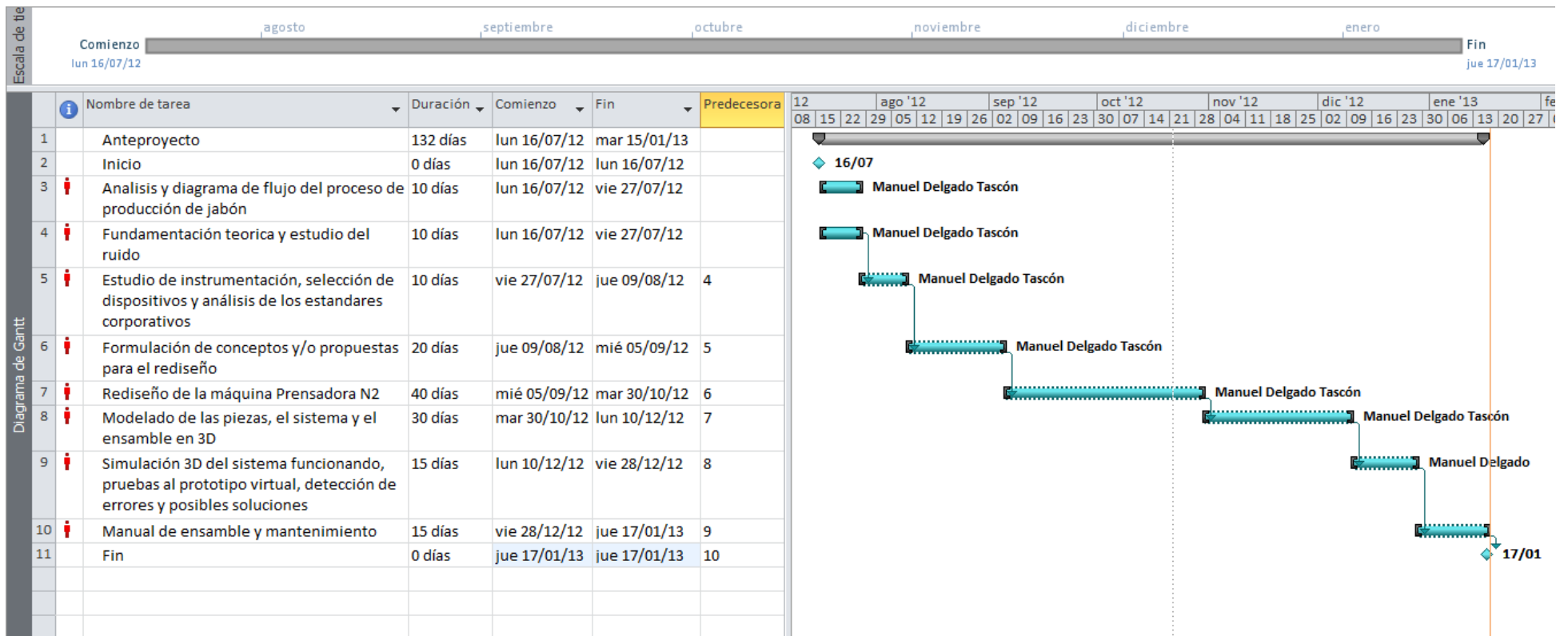
El ahorro está definido por la diferencia entre los costos mensuales de la prensadora N2 sin electroválvula y los costos mensuales de la prensadora N2 con electroválvula, a continuación se calcula la proyección del ahorro después de implementada la electroválvula.

Cuadro 20. Proyección del ahorro después de la implementación del proyecto

AHORROS	
Ahorro mensual COP	\$1.486.005,09
Ahorro anual COP	\$ 17.832.061,09
Ahorro mensual USD	\$782,60
Ahorro anual USD	\$9.391,23

10. CRONOGRAMA

Cuadro 21. Cronograma



11. CONCLUSIONES FINALES

Se cumplieron los objetivos del proyecto puesto que se rediseñó el sistema neumático de mangueras de expulsión de corona de la máquina Prensadora Mazzoni N2 y se recomendó el cambio de guardas en acrílico por guardas en fibra de vidrio transparente las cuales tienen propiedades de absorción acústica, logrando con estas dos propuestas de solución una disminución significativa de 9 dB(A) en los altos niveles de presión sonora producidos por dicha máquina. Una vez estén implementadas estas propuestas de solución, la Prensadora reducirá sus altos niveles de presión sonora de 86.3 dB(A) a 77.3 dB(A), con esta disminución se cumplen satisfactoriamente los lineamientos internacionales NIOSH de 82 dB(A) y la resolución Colombiana 1792 de 1990 de 85 dB(A). Además se estudió satisfactoriamente el proceso de producción de jabón terminado y la máquina Prensadora Mazzoni N2 lo cual ayudó a tener un mejor conocimiento del proceso y de los sistemas mecánicos, eléctricos y neumáticos.

El método de ingeniería concurrente que se utilizó en el proyecto facilitó el rediseño de la máquina Prensadora Mazzoni N2, a la vez permitió tener siempre una visión específica sobre lo que el cliente (Colgate Palmolive) necesitaba y sobre cómo se podrían satisfacer sus necesidades. También se realizaron simulaciones con el CAD SolidWorks, con las que se logró observar en 3D el movimiento de los tacos expulsores, la estrella y el sistema de mangueras de expulsión de corona con la electroválvula. Después de esto se realizó el prototipo virtual de la prensadora con su conjunto de guardas, teniendo en cuenta las dimensiones y espesor de las mismas, lo que fue de gran ayuda para realizar las cotizaciones.

Las alternativas de solución presentadas en este proyecto permitieron mantener muchos de los componentes y mecanismos que existen actualmente en la máquina Prensadora Mazzoni N2, lo que benefició en gran medida los costos totales del proyecto. Adicionalmente, se realizó un presupuesto detallado en el que se mostró el costo total del proyecto, incluyendo los costos de la mano de obra y componentes. Asimismo, se calculó el ahorro energético en la red neumática, con el que se corroboró la viabilidad del proyecto.

En este proyecto se recolectó información muy importante para la empresa Colgate Palmolive, debido a que se realizó un informe de ruido mediante sonometrías que se realizaron en varias plantas de la empresa. Cabe reconocer que durante su desarrollo se contó con asesoría constante y validación de

conceptos por parte del focus de seguridad industrial EOHS, los cuales se involucraron en el proyecto, generando una retroalimentación del mismo que trajo como resultado un sistema de atenuación de ruido eficiente y eficaz.

Finalmente, con este proyecto se ayudará a generar beneficios en salud, debido a la disminución de enfermedades relacionadas con hipoacusia sensorial a corto y largo plazo, lo que se traduce en un mejoramiento en la calidad de vida y en el bienestar para los trabajadores de la planta de jabón terminado en Colgate Palmolive Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

Asesores Ambientales – *Informe de higiene Industrial: Dosimetrías de Ruido*. 2010.

Capuz Rizo, S. - *Ingeniería Concurrente para el diseño de productos*. 2001. Alfaomega.

Coeficientes de absorción acústica en materiales. Disponible en internet <http://www.farq.edu.uy/joomla/images/stories/acustico/Tablas/Tablas%20de%20Absorcion.pdf>

Colgate Palmolive Colombia, Departamento de seguridad industrial, salud ocupacional y ambiental – *Programa de Conservación Auditiva*. 2011.

Colgate Palmolive Morristown, TN – *Slides: Final Hearing*. 2012.

EOHS Standard, Occupational Health & Safety – *Hearing Conservation: Occupational Health & Safety Standard for managing occupational noise exposure*. 2006.

Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipoacusia

INSHT_Ruido_Cap._7 – *Diapositivas del plan integral EOHS de Colgate Palmolive*. 2010.

Kuo, B. – *Automatic Control Systems* - 1995. McGraw Hill.

Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabajo (GATI-HNIR).

Niebel, Benjamin – *Ingeniería Industrial: Las empresas y la globalización* -2003. Phoenix.

NIOSH - *Publicación digital No. 2001-103*. Disponible en internet [citado 4 octubre de 2012] <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/01-103sp.html>

Popovic, P.et.al – *Mechatronics in Engineering Design and Product Development* – 1999. Marcel Dekker, Inc.

Reglamento técnico de instalaciones eléctricas – *RETIE*. Disponible en internet [Citado el 26 de septiembre de 2012]. http://www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargaHome=3&id_categoria=157&id_subcategoria=770

ANEXOS

Anexo A. Análisis de vibraciones 2012 Prensadora N2 ubicada en la línea 2

PUNTOS	EQUIPO	COMPONENTE	DESCRIPCION	FECHA RUTA	RECOMENDACIÓN
			LINEA No.2		
			JUNIO		
4	Prensa Mazzoni	MOTOR	Aparece juego de tipo mecánico en valores aceptables.	13/04/2012	Monitorear
			OCTUBRE		
4	Prensa Mazzoni	MOTOR	Continúan estables los valores del juego en los rodamientos del motor. El reductor tiene leve juego interno en los componentes.	17/10/2012	Monitorear
			DICIEMBRE		
4	Prensa Mazzoni	MOTOREDUCTOR	El juego en los rodamientos del motor sigue en valores aceptables. En el reductor aparece leve frecuencia de engrane.	21/12/2012	Seguir monitoreo
4	Transportador entre Cortadora y Prensa	MOTOREDUCTOR	El motor tiene leve juego interno en los rodamientos. Las frecuencias de contacto entre engranajes del reductor continúan en valores aceptables.	21/12/2012	Seguir monitoreo
4	Transportador Entrada Prensa	MOTOREDUCTOR	En el motor siguen estables las frecuencias de juego en los rodamientos. En el reductor predominan las frecuencias de contacto entre engranajes en valores aceptables.	21/12/2012	Seguir monitoreo
4	Transportador Salida Pastas Prensa	MOTOREDUCTOR	Aparecen leves frecuencias de juego interno en los rodamientos del motor. En el reductor predominan las frecuencias de contacto entre engranajes en valores aceptables.	21/12/2012	Seguir monitoreo
4	Transportador Recorte Prensa a Plodder	MOTOREDUCTOR	Las frecuencias de juego en los rodamientos del motor siguen estables. Hay leve frecuencia eléctrica de daño en rotor. Las frecuencias de contacto entre engranajes del reductor continúan en valores aceptables.	21/12/2012	Seguir monitoreo

Anexo B. Cotización sensor inductivo Telemecanique



Requerimiento No. 007300

(Solicitud No. JA-012530)

Status: Por Ingresar # Requisition SAP / Shopping Cart

Usuario Actual: Miguel Escobar

Items del Requerimiento

INFORMACION DE LA SOLICITUD

Categoría: MRO

Comprador: Roger Quiroz

ITEMS SELECCIONADOS

Itm	Descripción	Tipo				
1	Sensor inductivo Telemecanique ref.xs 612B1MAL2	Electrónica				
Itm	Descripción	ICode				
1	Sensor inductivo Telemecanique ref.xs 612B1MAL2	I211G143	MRO	Electrical, Electronics	Electronics Supplies	
Itm	Descripción	Canti dad	Unidad	Ppto. Unidad		
1	Sensor inductivo Telemecanique ref.xs 612B1MAL2	4	EA	0		
Itm	Precio Total	%IV A	Precio Unitario	T. Entrega (días)	Vigencia (días)	Garantía (meses)
1	\$640,000.00	16	\$160,000.00	1	15	16

Proveedor Seleccionado

PROVEEDOR SELECCIONADO

ID Cotización:	LNCO-94PK5F
Proveedor:	ELEMENTOS ELECTRICOS S.A Código: 8109955
Valor Total:	\$640,000 Pesos
Numero de Cotización:	JA-012530
Email Proveedor:	"Jair Lopez" <jairl@elementoselectricos.com.co>
Ahorro:	\$0.00
Diferencia PIL:	\$0
Diferencia Avoid KPI:	\$65,756
ultima linea	

Datos del Solicitante

SOLICITUD DE COTIZACION

Fecha:	02/06/2013 08:41 PM
Area:	Jabones
Solicitante:	Miguel Escobar
Creador:	Miguel Escobar
Dirección de Entrega:	Colgate Palmolive Cali - Carrera 1 No. 40-108-Puerta Electrica (Almacen)
Coordinador Area:	Miguel Escobar - Email contacto: miguel_escobar@colpal.com

INFORMACION DEL REQUERIMIENTO

Total Requerimiento:	\$640,000 Pesos
No. Requisicion SAP / Shopping Cart:	
Requisicion Aprobada?	<input type="radio"/> Si <input checked="" type="radio"/> No

Anexo C. Cotización guardas en fibra de vidrio transparente

Cali, 24 de Febrero de 2013

COTIZACIÓN #AI-
10275-13

Señores

COLGATE PALMOLIVE

Atn Ing **JOSÉ MANUEL DELGADO**

Universidad Autónoma De Occidente | Ingeniería Mecatrónica

REFERENCIA: paneles en fibra de vidrio
transparente

Cordial Saludo.

En atención a su requerimiento, estamos presentando nuestra propuesta para los elementos en referencia. En caso de requerir información adicional no dude en contactarnos.

Item	Descripcion	Cant	Vr Unit	Vr Total
1	Suministro paneles en fibra de vidrio transparente según dimensiones de planos recibidos. Aplica para cualquier panel cuyas dimensiones no excedan 200 x 200 x 1 cm	7	\$ 120.000	\$ 840.000
			Subtotal	\$ 840.000
			IVA	\$ 134.400
			Total	\$ 974.400

PROPIEDADES DEL MATERIAL

- La fibra de vidrio transparente goza de excelentes propiedades acústicas, se puede decir además que es uno de los productos más eficientes en absorción de sonido acústico.
- No favorece la corrosión en acero, cobre y aluminio. Es inorgánico e inodoro ya que no crea hongos ni bacterias. Además su naturaleza y componentes no combustibles evitan el riesgo de propagación del fuego. Resultado: bajo mantenimiento y larga duración.

	coeficientes de absorción acústica f(Hz)					
Fibra de vidrio transparente	125	250	500	1000	2000	4000
de 50mm	0,25	0,45	0,70	0,80	0,85	0,85
de 25mm	0,20	0,40	0,65	0,75	0,78	0,80
de 10mm	0,18	0,30	0,55	0,68	0,72	0,75

IMPORTANTE

- Las obras de adecuación que se requieran para el montaje de la cabina y/o sus accesorios son a cargo del cliente
- Para la ejecución de los trabajos se pueden requerir obras civiles en mampostería estructural y/o construcción liviana convencional
- Las obras civiles además de adecuaciones hidráulicas y eléctricas son a cargo del cliente
- Para efectos de tiempos de entrega la instalación de equipos y materiales se hará una vez se reciba el espacio de instalación con la obras civiles y eléctricas completamente terminadas; la fecha de inicio de las corresponde a una programación de trabajo previamente acordada una vez este finalizadas las adecuaciones requeridas
- Las cantidades y dimensiones pueden variar de común acuerdo con el personal técnico de la obra y conforme a las condiciones y necesidades en el sitio.
- Se requiere que el cliente y/o la obra facilite un lugar seguro para almacenamiento de Materiales y Herramientas.

CONDICIONES COMERCIALES

Tiempo de entrega	15 días hábiles a partir de la fecha en que se genere la orden de compra
Forma de pago	Correspondiente
Garantía	30 días Fecha Factura
	un (1) Año a partir de la fecha de entrega

Agradecemos su atención y quedamos en espera de sus comentarios.

Atentamente

CARLOS ENRIQUE GÓMEZ

Ingeniero de Proyectos

ACUSTICA INTEGRADA

Cel 313 7194430

**ACUSTICA
INTEGRADA**

Calle 19 2-39 Cali -
Colombia

Tel: (57 2)
4096082

Fax: (57 2) 8830304

CESVA
desarrolla instrumentos